

Jury : M. A. VEILLET) Président
M. C. DEMARQUILLY)
M. M. METCHE) Examinateurs
M. B. VIGNON)

T H E S E

présentée

à la Faculté des Sciences de L'université de Nancy

(U.E.R. - Alimentation et Nutrition)

pour obtenir le grade de

Docteur - Ingénieur

par

Brigitte MICHALET-DOREAU

RECHERCHES SUR LES CAUSES DES VARIATIONS DES QUANTITES D'ENSILAGE D'HERBE INGEREES PAR LES RUMINANTS

Soutenue publiquement le 27 Novembre 1975 devant la Commission d'examen

Jury : M. A. VEILLET) Président
M. C. DEMARQUILLY)
M. M. METCHE) Examineurs
M. B. VIGNON)

THESE

présentée

à la Faculté des Sciences de L'université de Nancy

(U.E.R. - Alimentation et Nutrition)

pour obtenir le grade de

Docteur - Ingénieur

par

Brigitte MICHALET-DOREAU

RECHERCHES SUR LES CAUSES DES VARIATIONS DES QUANTITES D'ENSILAGE D'HERBE INGEREES PAR LES RUMINANTS

Soutenue publiquement le 27 Novembre 1975 devant la Commission d'examen

Jury : M. A. VEILLET) Président
M. C. DEMARQUILLY)
M. M. METCHE) Examineurs
M. B. VIGNON)

THESE

Présentée

à la Faculté des Sciences de l'Université de Nancy

(U.E.R. - Alimentation et Nutrition)

Pour obtenir le grade de

Docteur - Spécialité

de

Biologie Microbienne

RECHERCHES SUR LES CAUSES

DES VARIATIONS DES TITRES D'ENZYMES



D'HERRER ROGERES PAR LES RUMINANTS

Présentée par M. J. HERRER ROGERES

M. A. HERRER
M. C. SCHWARTZ
M. J. HERRER
M. J. HERRER

SOMMAIRE

REMERCIEMENTS

Je tiens à remercier particulièrement :

- Monsieur VEILLET, Professeur à l'Université de Nancy,
- Monsieur DEMARQUILLY, Directeur du Laboratoire des
Aliments et Monsieur DULPHY, Chargé de Recherches, qui m'ont accueillie
dans leur laboratoire,

ainsi que le personnel du Laboratoire des Aliments qui m'ont
aidé au cours de la réalisation de ce travail.

°

°

°

SOMMAIRE

INTRODUCTION

ETUDE BIBLIOGRAPHIQUE

PARTICULARITES DE LA NUTRITION CHEZ LE RUMINANT

I.- Compartiments gastriques du ruminant :

- 1.- Anatomie comparée des ovins et des bovins
- 2.- Physiologie du reticulo-rumen.

II.- Activité mérycique :

- 1.- Répartition de l'activité mérycique au cours d'un nycthémère.
- 2.- Facteurs de variation de l'activité mérycique.
- 3.- Origine de la rumination.

MECANISME DU CONTROLE DE L'INGESTION CHEZ LE RUMINANT

I.- Système nerveux :

- 1.- Etude descriptive des structures nerveuses intervenant dans le contrôle de l'ingestion.
- 2.- Mécanismes du contrôle nerveux.
- 3.- Contrôle nerveux de la motricité gastrique.
- 4.- Contrôle nerveux de la rumination.

II.- Nature des stimuli agissant sur le système nerveux :

- 1.- Stimuli humoraux
- 2.- Stimuli nerveux.

CONTROLE DE L'INGESTION DE L'ENSILAGE D'HERBE

Qu'est-ce que l'ensilage ?

I.- Facteurs humoraux :

- 1.- rôle de l'acidité,
- 2.- rôle des composés azotés,
- 3.- mise en jeu de la pression osmotique.

II.- Facteurs nerveux :

- 1.- Rôle de la région bucco-pharyngée dans le contrôle de l'ingestibilité des ensilages.
- 2.- Rôle du rumen et de son contenu dans le contrôle de l'ingestion des ensilages.

CONCLUSION

ETUDE EXPERIMENTALE

1^{ère} Partie : Etude des manifestations du comportement des ruminants recevant des ensilages à brins courts, moyens ou longs.

A/ MATERIEL ET METHODES (Exp. 1).

1°/ Fourrages

2°/ Mesures et analyses.

B/ RESULTATS

I.- Etude du comportement alimentaire et mérycique des moutons :

1.- Caractéristiques moyennes.

2.- Liaisons quantités ingérées - Valeur nutritive et caractéristiques fermentaires des ensilages.

3.- Liaisons quantités ingérées - paramètres du comportement.

II.- Etude du comportement comparé des ovins et des bovins :

1.- Comparaison ensilage / fourrage vert

2.- Influence de la finesse de hachage des ensilages

3.- Mastication alimentaire et mérycique chez les ovins et les bovins.

C/ CONCLUSION

2^{ème} Partie : Influence de la structure physique des ensilages sur les caractéristiques des contenus digestifs.

A/ MATERIEL ET METHODES

I.- Etude des vitesses de digestion dans le rumen (Exp. 2)

II. - Etude des contenus digestifs, de la taille des particules de ces contenus et des bols alimentaires (Exp. 3).

III.- Etude des contenus de rumen et de la taille des particules de ces contenus . (Exp. 4).

B/ RESULTATS

I.- Etude des vitesses de digestion dans le rumen.

II.- Etude des poids des contenus digestifs et de la taille des particules de ces contenus et des bols alimentaires.

III.- Etude du poids des contenus de rumen et de la taille des particules de ces contenus.

C/ DISCUSSION

3ème Partie : Etude de l'établissement de la satiété
=====

A/ ETUDE DU ROLE DES SENS DANS LE CONTROLE DES QUANTITES INGEREES

I.- Matériel et méthodes

II.- Résultats

III.- Discussion.

B/ MESURES DE LA MOTILITE DU RETICULO RUMEN AU COURS DE L'INGESTION

I.- Matériel et méthodes.

II.- Résultats

III. Discussion.

*

*

*

DISCUSSION GENERALE ET CONCLUSION

A B R E V I A T I O N S

A.G.V.	: Acides gras volatils
B.C.	: Brins courts
B.L.	: Brins longs
B.L.h	: Brins longs hachés
B.M.	: Brins moyens
B.M.h	: Brins moyens hachés
C.B.	: Cellulose brute
CUD MO	: Coefficient d'utilisation digestive de la matière organique
D.I.	: Durée d'ingestion / jour
di	: Durée d'ingestion par grands repas
D.R.	: Durée de rumination
D.U.I.	: Durée unitaire d'ingestion par jour
dui	: durée unitaire d'ingestion par grand repas
D.U.R.	: Durée unitaire de rumination
D.U.R.r	: Durée unitaire de rumination réelle
F.V.	: Fourrage vert
M.M.	: Matière minérale
M.A.T.	: Matière azotée totale
M.S.	: Matière sèche
NNH_3/Nt	: Azote ammoniacal en % de l'azote total
n.p.r.	: Nombre de petits repas
Q.I.	: Quantité ingérée par jour
qi	: quantité ingérée par grand repas
R.G.A.	: Ray-grass anglais
R.G.I.	: Ray-grass italien

I N T R O D U C T I O N

Pour obtenir des performances intéressantes, tant sur le plan de la production de viande que de la production laitière, il est nécessaire de fournir régulièrement aux animaux une alimentation de qualité. Les ruminants sont par excellence des consommateurs de fourrages mais la production d'herbe n'est pas continue et elle doit être conservée pour assurer leur alimentation hivernale. Pour récolter cette herbe à un stade végétatif précoce, stade où la valeur nutritive de la plante est la plus élevée, on dispose de plusieurs techniques de conservation : la fénaison, la déshydratation et l'ensilage. Les conditions climatiques sont souvent peu favorables à une fénaison correcte et la déshydratation est très coûteuse ; l'ensilage est généralement la solution la plus utilisée pour conserver les fourrages. Malgré ses avantages (indépendance vis à vis des conditions climatiques, possibilité de mécanisation des chantiers de récolte), la technique de l'ensilage d'herbe s'est, jusqu'à ces dernières années, relativement peu développée en France ; en effet, les aléas de la conservation (pertes importantes, mauvaises odeurs, etc.....) et la faible ingestion de l'ensilage par les animaux restaient les inconvénients majeurs de cette technique. Les recherches effectuées en Europe ou aux U.S.A. pour analyser puis maîtriser les mécanismes du processus fermentaire ont fortement contribué à éliminer la plupart des aléas liés à la conservation de l'ensilage.

Les raisons de la diminution d'ingestibilité entre la plante ensilée et la plante sur pied ne sont pas encore bien connues ; différentes hypothèses ont été émises pour expliquer l'action de certains constituants chimiques de l'ensilage, notamment l'action des acides organiques a été proposée, mais cette hypothèse n'a pas été entièrement confirmée. Aussi, nous avons été amenés à aborder ce problème sous un angle légèrement différent : lors de la conservation par ensilage une partie des constituants du fourrage est dégradée ; celui-ci subit

de profondes modifications chimiques, mais sa structure physique se trouve elle aussi changée par le hachage, la fermentation, le tassement.... C'est ce deuxième aspect que nous avons tenté d'étudier plus particulièrement au cours de ce travail.

Afin de mieux comprendre le mécanisme du contrôle de l'ingestion volontaire d'ensilage par le ruminant, il nous a semblé souhaitable de présenter les principales particularités anatomiques et comportementales (rumination) des animaux étudiés, puis de rappeler les différentes hypothèses qui ont déjà été émises au sujet du contrôle de l'ingestion des aliments en général, et plus particulièrement des ensilages. C'est ce que nous verrons au cours de l'étude bibliographique.

ETUDE BIBLIOGRAPHIQUE

PARTICULARITES DE LA NUTRITION CHEZ LE RUMINANT

Dans l'ensemble des espèces animales, le tractus gastro-intestinal a pour rôle de permettre la digestion et l'absorption des nutriments. Chez les monogastriques, cette fonction est assurée, en majeure partie, par l'estomac dont les glandes sécrètent des sucs gastriques : acide hydrochlorydrique et pepsinogène. Mais les ruminants ont développé de vastes réservoirs ou pré-estomacs dépourvus de glandes sécrétrices, où les aliments subissent une digestion microbienne. Ils peuvent ainsi utiliser les membranes végétales, et plus particulièrement les constituants cellulotiques des fourrages : 80 % de la cellulose est digéré dans le rumen (JARRIGE, 1953). L'importance de la digestion par les bactéries et les protozoaires du rumen est donc telle qu'elle écrase un peu la digestion ultérieure des aliments dans l'estomac du ruminant proprement dit ou caillette.

I.- COMPARTIMENTS GASTRIQUES DU RUMINANT

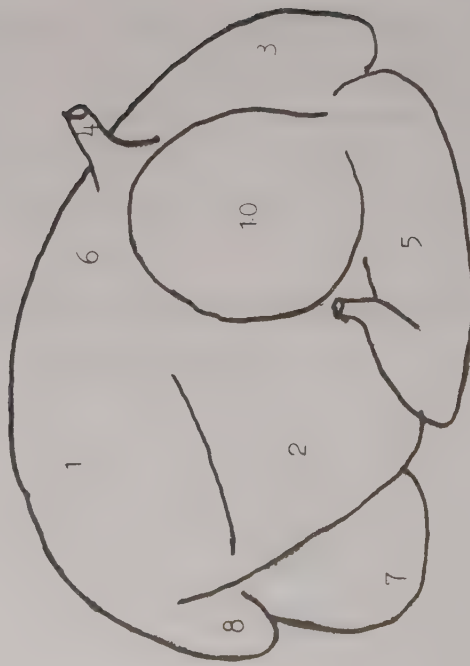
Chez le ruminant, l'ensemble compartiment gastrique et caillette est beaucoup plus important que l'estomac du monogastrique, comme le montre le tableau 1 ; mais cet ensemble est aussi beaucoup plus complexe, on peut distinguer : le rumen, le réseau, le feuillet et la caillette. Le feuillet assure le passage du contenu digestif du rumen vers la caillette après tamisage des ingesta : seules les particules dont la taille est inférieure à 0,25 mm chez les ovins (TROELSEN, 1968) et 0,5 mm chez les bovins (GRENET, 1970) peuvent franchir l'orifice du feuillet.

TABLEAU 1 : *Capacité des organes digestifs exprimée en p.100 de la capacité totale du tube digestif.*

	Porc -----	Boeuf -----
Estomac	29	71
Intestin grêle	33	19
Caecum	6	3
Colon + rectum	32	8

FIGURE 1 : RESERVOIRS GASTRIQUES CHEZ LES BOVINS (POPESKO, 1972).

Vue droite



1. Sac dorsal du rumen
2. sac ventral du rumen
3. Réseau
4. Oesophage
5. Caillette

Vue gauche



6. Sac cranial ou lobe dorsal du rumen
7. Lobe ventral du rumen
8. Lobe caudo-dorsal
9. Lobe caudo-ventral
10. Feuillet

L'ensemble réseau-rumen (figure 1) représente, à lui seul, 85 à 90 % du volume de l'estomac du ruminant (CHURCH, 1969) ; il est le siège des fermentations microbiennes prégastriques et sa taille doit être rapportée au temps de séjour relativement long nécessaire à l'action des micro-organismes. Comme on peut le voir sur la figure 2, le cardia, situé à la limite des deux premiers compartiments gastriques, représente le point d'arrivée de l'oesophage dans le rumen. C'est un orifice ouvert en entonnoir et orienté vers l'arrière, c'est-à-dire vers le rumen, mais il est d'autre part en relation avec le conduit réseau-feuillet par la gouttière oesophagienne. Les aliments liquides sortant de l'oesophage peuvent, soit passer dans le rumen, soit aller directement dans le feuillet.

1°/ Anatomie comparée des ovins et des bovins :

La motricité gastrique a été étudiée de façon systématique tant sur les ovins que sur les bovins, mais les différences anatomo-fonctionnelles qui existent entre ces deux espèces rendent difficile toute extrapolation des résultats d'une espèce à l'autre. Il nous a donc paru utile de rappeler l'anatomie digestive respective de ces deux ruminants avant de passer à l'étude des contractions gastriques proprement dites.

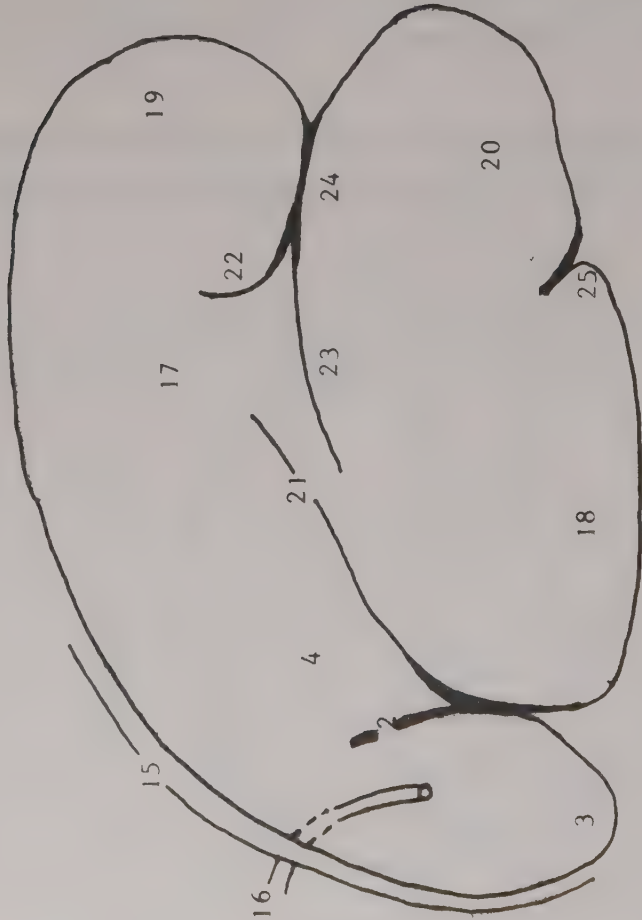
La taille relative des compartiments varie avec l'espèce animale considérée (CHURCH, 1969) ; le réseau est relativement plus important chez les ovins que chez les bovins (tableau 2).

TABLEAU 2 : *Capacité relative des compartiments gastriques en p.100 de la capacité totale de l'estomac.*

	Ovin	Bovin
	-----	-----
Réseau	11	6
Rumen	62	52
Feuillet	5	28
Caillette	22	14

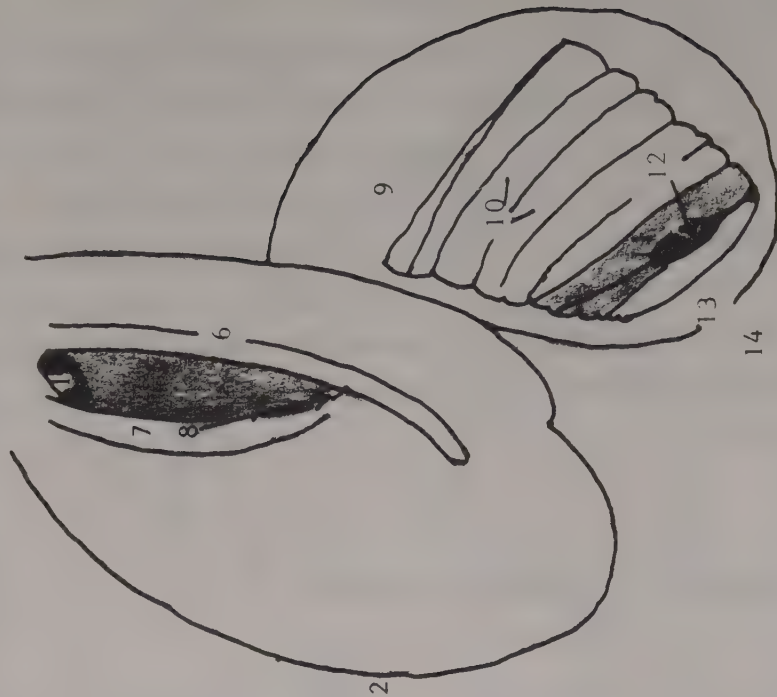
FIGURE 2 :

Coupe longitudinale du reticulo-rumen
d'une vache (BALCH, 1958).



- 15. Diaphragme
- 16. Oesophage
- 17. Sac dorsal du rumen
- 18. Sac ventral du rumen
- 19. Lobe caudo-dorsal
- 20. Lobe caudo-ventral
- 21. Pilier antérieur au pilier crânial
- 22. Pilier coronaire dorsal
- 23. Pilier longitudinal
- 24. Pilier postérieur ou pilier caudal
- 25. Pilier coronaire ventral.

Coupe transversale au niveau de la gouttière oesophagienne
chez le mouton (vue postérieure) (POPESKO, 1972).



- 1. Cardia
- 2. Repli reticulo-ruminal
- 3. Réseau
- 4. Sac crânial
- 5. Gouttière oesophagienne
- 6. Lèvre droite de la gouttière
- 7. Lèvre gauche de la gouttière

- 9. Feuillet
- 10. Lames du feuillet
- 11. Sillon du feuillet
- 12. Orifice feuillet-cailliette
- 13. Repli feuillet-cailliette
- 14. Cailliette.

La disproportion relative de la taille du réseau et du feuillet chez le mouton entraîne la distorsion de la partie ventrale de la gouttière oesophagienne, qui se courbe de telle manière que l'orifice reticulo-omasal soit dirigé dorsalement (SISSON, 1953). La séparation réseau-rumen est assurée par le repli reticulo-ruminal (figure 2) ; cette cloison délimite le col de la panse qui mesure en moyenne 8 cm de hauteur et 4 cm de largeur chez les ovins, contre 18 cm de haut sur 10 cm de large chez les bovins (FLORENTIN, 1952). Le repli reticulo-ruminal est donc proportionnellement beaucoup plus développé chez les ovins, alors que le pilier crânial est plus marqué chez les bovins que chez les ovins.

2°/ Physiologie du reticulo rumen :

Après avoir été mastiqué, le bol alimentaire traverse rapidement l'oesophage, la vitesse de l'onde péristaltique de déglutition étant de 24 ± 2 cm/sec. chez le mouton (ALI, 1974), il arrive ainsi au niveau du cardia, et là, s'effectue un tri en fonction de la densité des particules et donc de leur taille :

- . les particules de taille relativement faible ont tendance à passer dans le réseau, puis de là, directement dans le feuillet par l'orifice reticulo-omasal lors de la contraction du réseau,

- . les particules de grande taille stagnent quelques minutes dans une zone comprise entre le cardia et le repli reticulo-ruminal (AKESTER, 1969), puis elles sont entraînées dans le rumen où elles doivent être progressivement réduites en fines particules par la digestion microbienne et la rumination pour pouvoir être, à leur tour, acheminées vers le feuillet et la caillette.

Ce transit des ingesta dans le reticulo-rumen ne peut avoir lieu que grâce à la coordination des contractions des compartiments gastriques.

Réseau :

La double contraction, caractéristique du cycle du réseau, est très rapide (DRACY, 1972), et relativement puissante : la différence de pression ainsi créée avec le feuillet est de 13 mm de Hg sur les bovins (SMITH, 1969) et de 8 mm de Hg sur les ovins (PHARR, 1967), ce qui permet la projection des fines particules du réseau vers la caillette. Au cours de l'ingestion, on observe toujours une accélération du rythme des contractions quelle que soit l'espèce considérée ou le type de régime (GORDON, 1968 ; BALCH, 1952 ; BALCH, 1958 ; FREER, 1965 ; SMITH, 1969 ; BINES, 1970).

L'accélération de la motricité est beaucoup plus marquée pendant le premier tiers du repas (RUCKEBUSCH, 1972), car elle est en relation avec la "motivation" de l'animal pour l'aliment. Ces phénomènes physiologiques, qui accompagnent l'ingestion de nourriture, expliquent l'accélération du débit reticulo-omasal au cours du repas (MATRAT, 1967).

Après le repas, seules les particules alimentaires de grande taille se retrouvent dans le rumen et vont être progressivement réduites en fines particules sous l'action de la rumination. Cette dernière est caractérisée par une extracontraction réticulaire puissante (SMITH, 1969), située environ 3 minutes avant la contraction biphasique du réseau (DRACY, 1972). Au cours de la rumination, le rythme de contraction du reticulo-rumen augmente de 10 p.100 (GORDON, 1968) mais cette augmentation reste bien moins élevée que celle enregistrée lors de l'ingestion (30 p.100). La mastication mérycique exerce une action inhibitrice sur la motricité des préestomacs en interdisant tout cycle moteur tant que le bol alimentaire reste dans la bouche (RUCKEBUSCH, 1970). A la levée périodique de cette inhibition, à la fin de chaque cycle mérycique, correspond la contraction du réseau, d'où une synchronisation parfaite entre l'activité mérycique et gastrique. La régurgitation du bol mérycique, phase pendant laquelle les digesta sont propulsés dans l'oesophage (STEVENS, 1968), mobilise :

- les pré-estomacs : le rejet des digesta a lieu entre l'extracontraction et la contraction biphasique du réseau,
- les organes de la respiration : l'inspiration à nasopharynx fermé provoque une baisse de pression dans l'oesophage qui aspire les digesta.

Mais l'activité gastrique a un rôle prépondérant dans la régurgitation, les efforts inspiratoires ne serviraient, en fait, qu'à fractionner le bol en deux parties dont l'une, mobilisée par l'antipéristaltisme oesophagien, parvient à la bouche, et l'autre retourne à l'estomac grâce à une nouvelle contraction de la zone oesophago-gastrique (ROUSSEAU, 1970).

Rumen :
.....

La rumination a pour rôle de réduire la taille des particules alimentaires, mais le rumen peut aussi intervenir indirectement dans ce processus en mélangeant le contenu, ce qui facilite la digestion microbienne (BALCH, 1958). L'onde péristaltique primaire, ou séquence A, correspond à la lère contraction du rumen ; elle a pour origine le réseau et se propage d'avant en arrière (figure 3). Au cours de ce

FIGURE 3 : Séquence A



X Point d'origine.

→ Propagation de l'onde de contraction.

mécanisme les particules sont soumises à une double action :

- le passage de l'onde de contraction crée un mouvement tournant au sein du contenu ruminal. Les ingesta sont chassés par la contraction d'un compartiment et happés par la dépression créée au même moment dans le compartiment suivant (SELLERS, 1966),

- à chaque contraction, l'élévation du niveau aqueux dans le sac ventral, autour de la masse solide des éléments, effectue le mélange et l'homogénéisation du contenu (HUNGATE, 1966). A la suite du brassage du contenu, les particules légères et de grande taille qui se trouvaient à forte concentration

dans le sac crânial et dorsal immédiatement après le repas, passent progressivement au cours de la journée, dans le sac ventral et le réseau (PEARCE, 1965, EVANS, 1973). Parallèlement, elles subissent l'action des micro-organismes qui transforment les glucides en acides gras volatils avec production de gaz. Ceux-ci s'accumulent dans le sac dorsal avant d'être évacués au cours de l'éruclation,

Comme pour la rumination, l'éruclation nécessite l'intervention de deux composantes : gastrique et respiratoire. Mais dès 1955, DOUGHERTY attribuait à la contraction ruminale une part prépondérante dans l'origine de ce phénomène. L'éruclation se produit au cours de la séquence B du cycle ruminal (ou onde péristaltique secondaire); cette onde correspond à la 2ème contraction du rumen (RUCKEBUSCH, 1973), elle a pour origine le sac caudo-dorsal et se propage d'arrière en avant (figure 4). La contraction simultanée du sac dorsal et du pilier antérieur du rumen permettent aux gaz d'être

propulsés dans la zone cardiale, clarifiée de tout aliment semi-liquide par la barrière que constitue le pilier antérieur ; puis l'ouverture de l'orifice cardiaal pendant 2 à 3 secondes et un léger effort inspiratoire permettent aux gaz de franchir le cardia (ROUSSEAU, 1970).

FIGURE 4 : Séquence B

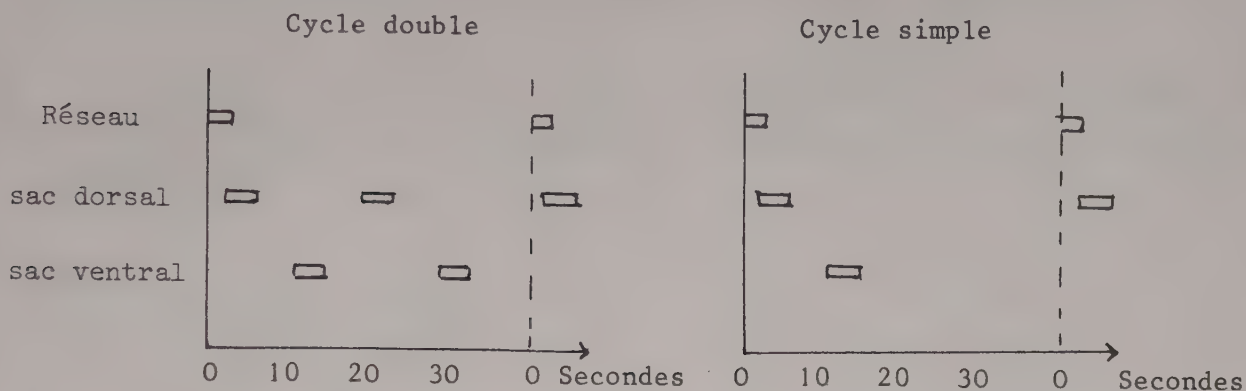


X Point d'origine

→ Propagation de l'onde de contraction.

Le contenu ruminal et les gaz de fermentation sont donc soumis à l'action simultanée de deux ondes de contraction A et B qui se propagent en sens inverse, mais seulement 30 p.100 des cycles présentent les deux séquences complètes (OHGA, 1965).

On peut reprendre le déroulement des contractions des différents compartiments dans le schéma suivant :



Orifice et débit reticulo-omasal :

Quand les particules ont atteint une taille suffisamment petite pour franchir le filtre que constitue le feuillet, il leur faut d'abord franchir l'orifice reticulo-omasal ; l'ouverture de celui-ci est donc la condition première de l'évacuation des ingesta vers le feuillet puis la caillette. Le sphincter reticulo-omasal se relâche complètement au cours de la 2ème contraction reticulaire, la différence de pression entre le réseau et le feuillet est alors maximale (10 mm Hg). En dehors de cette période critique, le mode de contraction de l'orifice reticulo-omasal reste encore mal défini (BOST, 1969) ; chez les bovins, l'orifice resterait ouvert (SELLERS, 1966 ; BALCH, 1951) pendant la phase de relachement du réseau, alors que pour les ovins, l'orifice reticulo-omasal s'ouvrirait rythmiquement à raison de 5 à 7 ouvertures/mn (OHGA, 1965 . BUENO, 1974), au cours de cette même période. D'après BOST (1969), la synchronisation de la contraction du réseau et du relachement de l'orifice reticulo omasal est assurée par la stimulation tactile du canal omasal due au passage des ingesta.

En définitive, le débit reticulo-omasal va être fonction de 3 facteurs (BUENO, 1974) :

- l'état physique du contenu ruminal, et plus particulièrement la taille des particules et la teneur en M.S. du liquide au niveau de l'orifice reticulo-omasal (BALCH, 1958) ;
- l'amplitude du gradient de pression entre le reticulo-rumen et le feuillet ;
- le diamètre de l'ouverture de l'orifice reticulo-omasal ; ce dernier facteur étant prépondérant dans la vitesse de transit des ingesta.

On conçoit dès lors que le débit reticulo-omasal soit très variable suivant le régime (MURRAY, 1962 ; ENGELHARDT, 1963 ; CHURCH, 1969) ou l'heure de la journée (MURRAY, 1962).

II.- ACTIVITE MERYCIQUE

Comme on l'a vu précédemment, la rumination intervient avec la digestion microbienne pour réduire la taille des particules alimentaires, la rumination correspond, au niveau du comportement, à une activité particulière : l'activité mérycique.

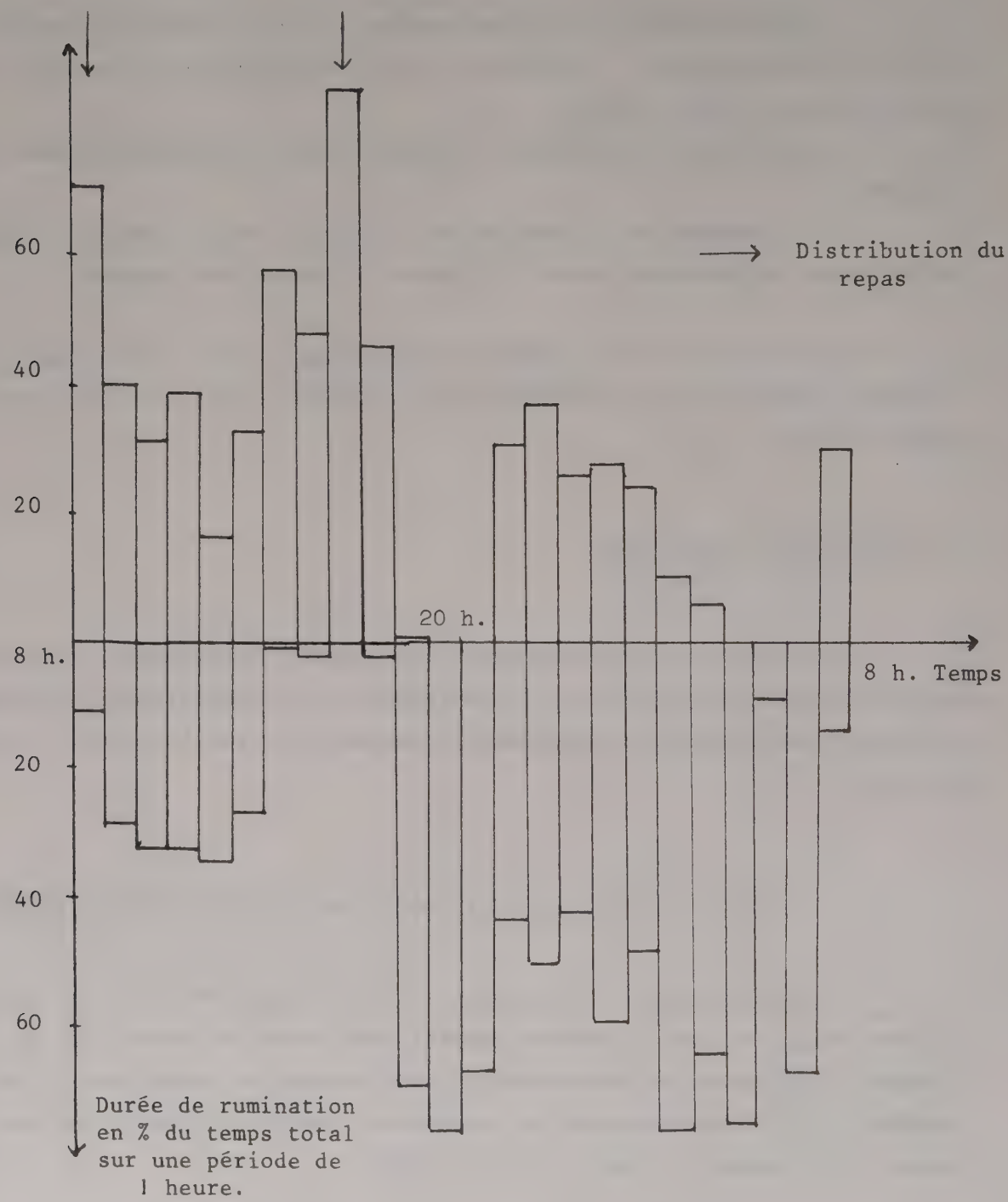
1.- Répartition de l'activité mérycique au cours d'un nycthémère :

La rumination n'est pas une activité continue, elle se répartit en périodes dont les durées extrêmes peuvent être comprises entre 1 mn et 2 heures (GORDON, 1958), mais la durée moyenne d'une période se situe entre 25 et 45 minutes (WIESER, 1972). Chaque période de rumination comprend un nombre variable de cycles, chaque cycle pouvant se subdiviser en 3 temps :

- régurgitation du bol mérycique,
- mastication : 87,2 coups de mâchoire / cycle (WIESER, 1972),
- déglutition.

FIGURE 6 : Histogramme de la répartition du comportement alimentaire et mérycique des bovins au cours d'un nyctémère (LUCCI, 1969).

Durée de l'ingestion en % du temps total
sur une période de 1 heure



Facteurs de variation liés à l'animal ; La rumination semble jouer un rôle plus important chez les ovins que chez les bovins, comme l'indique la valeur élevée de la durée unitaire de rumination chez les ovins, mais l'efficacité de la mastication mérycique est la même chez les ovins : $9,00 \text{ mn/g/Kg P}^{0,75}$ et les caprins : $8,97 \text{ mn/g/kg P}^{0,75}$ (GEOFFROY, 1974).

A l'intérieur d'une même espèce, d'autres facteurs peuvent intervenir pour modifier les caractéristiques du comportement mérycique :

- l'âge des animaux : la durée de rumination aurait tendance à diminuer avec l'âge (BELL, 1958) ;

- le poids des animaux : la durée de rumination par kg de M.S. ingéré est d'autant plus faible que les animaux sont plus lourds (DULPHY, 1971), mais cette liaison disparaît quand on exprime la durée unitaire de rumination en $\text{mn/g/kg P}^{0,75}$.

Cependant, ces variations individuelles paraissent faibles en égard à celles dues au milieu, et surtout au type de régime utilisé (KERBAA, 1969).

Influence de l'alimentation ; L'alimentation agit quantitativement et qualitativement (caractéristiques physiques, composition chimique) sur les paramètres du comportement mérycique.

Avec des fourrages longs ou simplement hachés, la durée de rumination augmente avec les quantités ingérées (DULPHY, 1971 ; FREER, 1962), le coefficient de proportionnalité étant variable avec le niveau d'ingestion (GORDON, 1965 ; WELCH, 1969). En outre, à même quantité ingérée, on observe des variations très importantes de la durée de rumination suivant la digestibilité du fourrage (FREER, 1965 ; DULPHY et DEMARQUILLY, 1974). Celle-ci est plus faible quand le mouton reçoit un fourrage jeune, pauvre en membrane et donc très digestible, par comparaison avec un fourrage plus vieux, donc plus riche en membranes et plus lignifié. La durée de rumination est donc liée d'une part à la teneur en glucides membranaires (WELCH, 1969 ; WELCH, 1970 ; BALCH, 1971) et d'autre part, à la vitesse de digestion de ces constituants. Il semble que l'animal essaie d'augmenter ses quantités ingérées avec des fourrages à faible digestibilité en augmentant le temps passé à ruminer, mais cette durée de rumination ne peut dépasser un palier de 10 h. environ (DULPHY - DEMARQUILLY, 1974).

Avec des rations à base de fourrage broyé ou d'aliments concentrés, l'activité mérycique est réduite et peut même, à la limite, être supprimée complètement dans le cas d'aliments finement divisés (GORDON, 1958 ; RUCKEBUSCH, 1963 ; FREER, 1965 ; RUCKEBUSCH, 1967 ; WESTON, 1967 ; WIESER, 1972). Quand la taille des particules reste supérieure à 1 mm environ, la durée de rumination est considérée comme normale (JARRIGE, 1973), c'est-à-dire supérieure à 7 heures par jour.

3.- Origine de la rumination :

Le rôle le plus important dans le déclenchement réflexe de la rumination est généralement attribué à la "grossièreté" des ingesta se trouvant dans le rumen (PEARCE, 1965), mais l'existence d'un temps de latence relativement long entre la fin du repas et le début de la rumination, a fait douter de cette théorie puisque la concentration dans le rumen en éléments de grande taille est maximale après l'ingestion. Diverses théories ont alors été émises sur la nature des facteurs inhibiteurs qui pourraient être à l'origine de ce retard :

- GORDON (1968) a montré l'existence de zones sensibles à l'excitation tactile provoquée par les ingesta, tels que la région de la gouttière oesophagienne, le repli reticulo-ruminal, les parois du réseau. Or, la sensibilisation de ces récepteurs peut être retardée soit parce qu'ils ne sont pas en contact avec les ingesta, ceux-ci ayant été transportés loin du réseau par les contractions gastriques (PEARCE, 1965), soit parce que la taille des particules fibreuses reste encore trop élevée (WELCH, 1971) ;

- on peut aussi penser à l'intervention d'agents inhibiteurs quelconques qui désensibiliseraient momentanément ces récepteurs (PEARCE, 1965) ;

- enfin, des modifications humorales, en particulier les variations de concentration en acides gras volatils sanguins, pourraient provoquer un changement de l'activité du centre nerveux de la rumination (SOLDATENKOV, 1970), en agissant sur le niveau de vigilance par exemple (RUCKEBUSCH, 1967).

MECANISME DE CONTROLE DE L'INGESTION CHEZ LE RUMINANT

Il semble nécessaire, avant d'aborder l'étude des facteurs de variation de l'ingestion, de donner une définition des principaux termes que nous avons été amenés à utiliser. Le terme de régulation s'emploie lorsqu'il s'agit d'un mécanisme assurant la constance du milieu intérieur, soit dans le cas présent un équilibre énergétique et azoté (LE MAGNEN, 1974). Cette régulation est assurée par le contrôle de l'ingestion des nutriments et elle met en cause des phénomènes psychiques tels que la faim et l'appétit : la faim (et le rassasiement) peuvent être considérés comme des sensations correspondant à un état physiologique de l'animal : déplétion ou réplétion, et l'appétit (ou la satiété) comme le désir de nourriture ou à l'absence de désir (GROSSMAN, 1955). Ces différents états psychiques vont déterminer le comportement alimentaire de l'animal ; or, celui-ci est défini comme "l'ensemble des actes par lequel l'animal ingère des aliments propres à satisfaire ses besoins énergétiques et refuse les substances non alimentaires ou toxiques" (LE MAGNEN, cité par LE BARS, 1960).

L'ingestion d'aliments se trouve placée sous le contrôle du système nerveux, qui est constamment informé des besoins alimentaires de l'organisme ; il nous faut donc voir :

- quelles sont les structures nerveuses mises en jeu au cours de ce processus de régulation ?
- comment le système nerveux perçoit ces informations ?
- comment, après avoir été activé, le système nerveux intervient au niveau comportemental ?

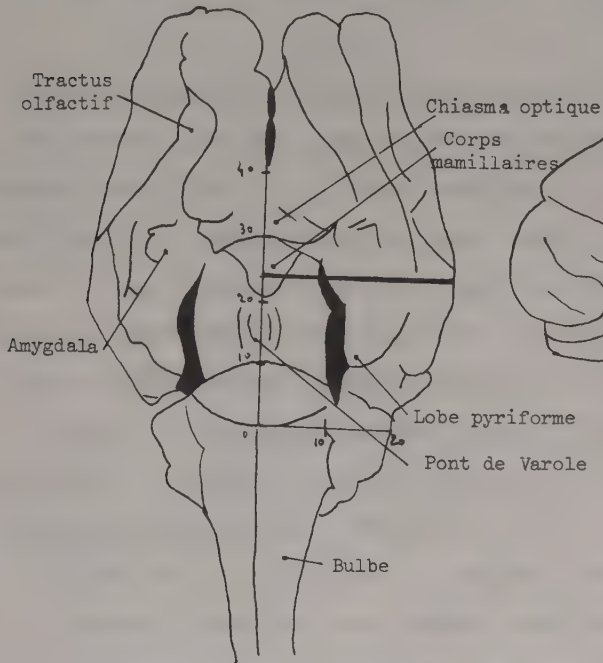
I. - SYSTEME NERVEUX

1°/ Etude descriptive des structures nerveuses intervenant dans le contrôle de l'ingestion : (figures 7 et 8).

Le rôle de l'hypothalamus dans le contrôle des quantités ingérées a été mis en évidence chez le rat par ANAND et BROBECK (1951), puis chez le ruminant : le mouton (LARSSON, 1954) et la chèvre (WYRWICKA, 1960). Les essais sur ruminants

FIGURE 7

Face ventrale de l'encéphale de mouton



Face latérale de l'encéphale de mouton

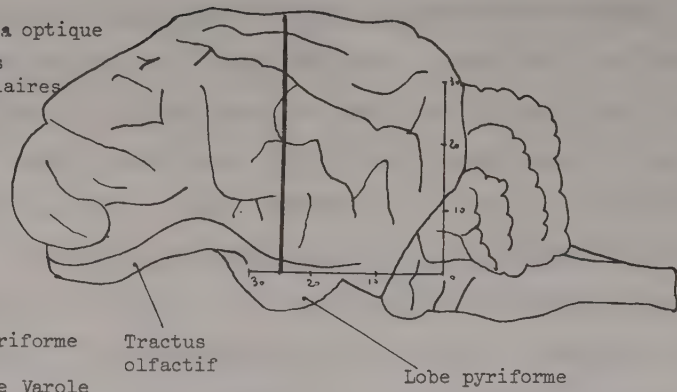
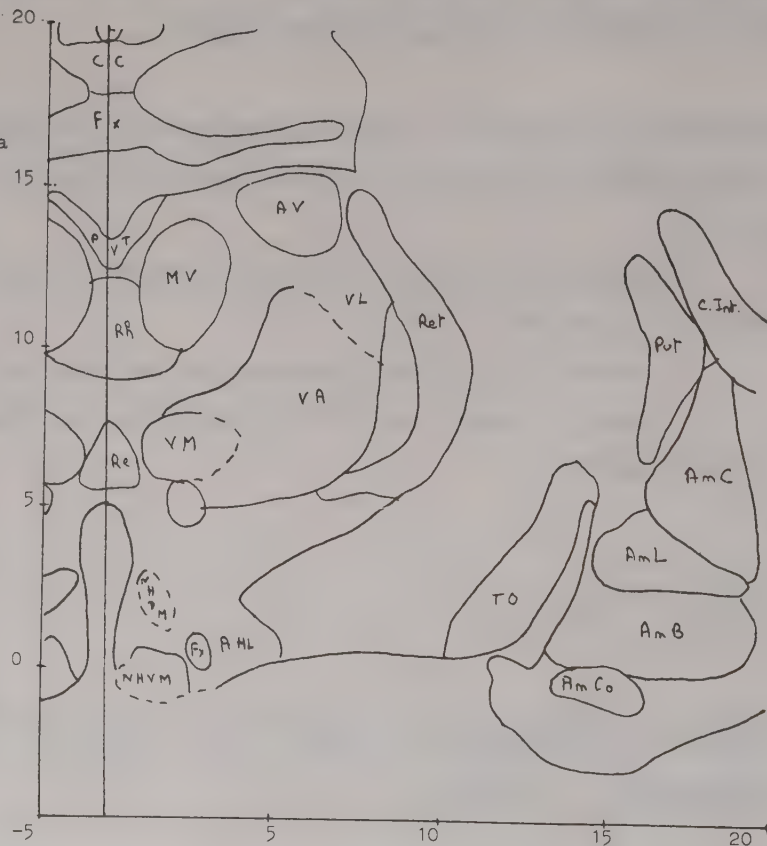


FIGURE 8 :

- AHL : aire hypothalamique latérale.
- AmB : noyau basal de l'amygdala
- AmC : " central " "
- AmCo : " cortical " "
- AmL : " latéral " "
- AV : noyau antérieur ventral
- CC : corps calleux
- C.Int. : capsule interne
- Fx : Fornix
- MV : noyau médian
- NHDM : Noyau hypothalamique dorso-médian
- NHVM : Noyau hypothalamique ventro-médian
- Put : putamen
- PVT : noyau thalamique para-ventriculaire
- Ret : Noyau reticulaire
- Re : noyau reuniens (ou adhésion inter-thalamique)
- Rh : Noyau rhomboïde
- TO : tractus optique
- VA : noyau ventral antérieur.

COUPE DU IIIème VENTRICULE



sont cependant très peu nombreux et n'ont pas permis d'approfondir, autant que pour les petits animaux de laboratoire, la neurophysiologie du comportement alimentaire. Les résultats rapportés ici ont donc principalement été obtenus sur des monogastriques.

La destruction de la zone ventro-médiane de l'hypothalamus (VMH) du rat conduit à une augmentation de la consommation alimentaire, qui se fait en 3 temps (PERETIANU, 1968) :

- une phase de faim vorace, de courte durée,
- une phase hyperphagique proprement dite ou phase d'obésité dynamique, qui prend fin lorsque les animaux ont atteint le double de leur poids,
- une phase d'obésité statique pendant laquelle les animaux retrouvent une consommation semblable à celle des animaux témoins,

Parallèlement, la destruction de la zone latérale hypothalamique (LH) entraîne une diminution d'ingestion, au cours de laquelle on peut distinguer 4 phases (PERETIANU, 1968) :

- une phase d'aphagie complète (absence du besoin de manger) ou d'adipsie (absence du besoin de boire),
- puis, une phase d'anorexie (faible appétit) toujours accompagnée d'adipsie,
- une phase d'adipsie seule,
- enfin, une phase de récupération totale, où l'animal consomme eau et aliment comme les animaux témoins, ou phase post-aphagique.

Les deux centres nerveux, précédemment cités, ont été représentés au graphique 8. D'après la théorie dualiste d'ANAND et BROBECK, le VMH ou centre de la satiété et le LH ou centre de la faim seraient stimulés alternativement. Mais l'étude du comportement alimentaire lors des phases de récupération, c'est-à-dire au cours de la phase d'obésité statique ou de la phase post-aphagique, donne des résultats en contradiction avec cette théorie. Il semblerait plutôt qu'il y ait non une opposition entre le centre latéral et le centre ventro-médian de l'hypothalamus, mais plutôt un synergisme d'action (PERETIANU, 1968). En effet, l'enregistrement des variations de l'activité électrique dans les deux centres après stimulation d'un seul d'entre eux (OOMURA, 1964, cités par MORGANE, 1969)

prouve l'existence de relations réciproques entre le VMH et le LH. Cependant, si l'hypothalamus latéral semble directement intervenir dans le processus de stimulation de la prise alimentaire chez le rat, le rôle de l'hypothalamus ventro-médian reste beaucoup plus contesté. L'étude des variations de l'intervalle post-prandial a permis de montrer l'existence d'un contrôle des quantités ingérées au niveau calorique (LE MAGNEN, 1974). On peut donc penser que l'hyperphagie induite par une lésion du VMH ne serait qu'un phénomène secondaire, cette lésion affecterait d'abord un mécanisme lipostatique par un processus neuro-endocrinien plus ou moins complexe.

Des structures nerveuses identiques à celles mises en cause chez les monogastriques semblent intervenir chez les ruminants. Ainsi, l'hypothalamus ventro-médian continue d'assurer sa fonction de centre de la satiété chez la chèvre (BAILE, 1969) et chez le mouton (HOLMES, 1965), mais il est difficile d'extrapoler l'ensemble des résultats obtenus sur monogastriques aux ruminants.

Quel que soit le rôle respectif des faisceaux de l'hypothalamus, il semble que d'autres structures nerveuses soient intéressées dans le contrôle de l'ingestion (MORGANE, 1969) :

- le rhinencéphale, et plus particulièrement le système limbique, présente des relations anatomiques étroites avec l'hypothalamus, la partie supérieure de l'amygdala jouerait le même rôle que le VMH (PERETIANU, 1968), d'autre part, le noyau amygdalien médian serait responsable du contrôle de l'ingestion lors d'une carence en acide aminé (ROGERS, 1973) ; le cortex prépyriforme intervient aussi sur l'ingestion des aliments carencés en acide aminé, peut être en modifiant le choix de ces aliments (ROGERS, 1973) ;

- le néocortex joue un rôle dans la régulation du bilan énergétique chez les rats (PERETIANU, 1968), dans l'appréciation des aliments par l'intermédiaire des habitudes alimentaires (LE MAGNEN, 1974) et surtout dans la coordination des influx issus des autres centres nerveux ;

- des liaisons ont aussi été mises en évidence entre l'hypothalamus et des structures nerveuses inférieures à ce dernier ; ainsi, SCOTT et al. (cité par MORGANE, 1969) ont montré que la stimulation du bulbe olfactif provoquait

une décharge au niveau de la zone antérieure de l'hypothalamus latéral. Mais, il se peut que les connexions entre les deux centres nerveux ne soient pas directs, mais se fassent par l'intermédiaire du cortex prépyriforme.

Bien que les structures nerveuses mises en jeu dans le contrôle de la prise alimentaire chez le ruminant n'aient pas fait l'objet de recherches aussi poussées que celles mises en jeu chez le monogastrique, il est cependant certain que l'hypothalamus a une importance considérable dans ce mécanisme quelle que soit l'espèce considérée, mais le rôle exact de chacun des centres nerveux et leurs interrelations restent encore à définir.

2°/ Mécanisme du contrôle nerveux :

Les études sur le contrôle nerveux ont aussi été réalisées sur monogastriques, mais les structures nerveuses mises en jeu dans le contrôle de l'ingestion étant identiques pour les monogastriques et les ruminants, il est logique de penser que le mécanisme d'action de ces centres nerveux est aussi de même nature. La sensation de faim provoque, chez l'animal, un réflexe alimentaire ; des stimuli d'origine interne, venant du tube digestif, sont à l'origine de cette sensation (LE BARS, 1972). L'injection de liquide cérébro-spinal, prélevé sur un mouton à jeûn, chez un mouton rassasié entraîne une augmentation de la consommation alimentaire de ce dernier (MARTIN, 1973). Une substance, dont la nature reste encore inconnue, interviendrait donc sur le centre de la faim, elle serait élaborée soit à partir du plasma soit à partir du plexus choroïde se trouvant à proximité du 3ème ventricule (MARTIN, 1973). L'hypothalamus latéral, ainsi sensibilisé, aurait une double action:

- au niveau somatique ; il interviendrait sur le néocortex qui favoriserait la recherche des aliments, en maintenant un état de vigilance,
- au niveau organo-végétatif ; le système limbique, en agissant sur les organes des sens, est à l'origine du pouvoir discriminatif d'un animal pour des aliments variés, et l'hypothalamus latéral assure le fonctionnement des organes digestifs mobilisés au cours de l'ingestion,

L'établissement de la satiété fait aussi intervenir plusieurs centres nerveux :

- dans la régulation à long terme, le néocortex et le système limbique ont pour rôle d'assurer le contrôle de la couverture des besoins de l'animal (LE BARS, 1972);

- dans la régulation à court terme, seul l'hypothalamus est en cause. L'établissement de la satiété intervient très rapidement, aussi seuls les stimuli nerveux jouent un rôle dans l'arrêt du repas. Ces stimuli peuvent être :

- d'origine extéroceptive : ils interviennent au niveau buccal et sont déclenchés par la sensibilisation des organes sensoriels (olfaction - gustation), la déglutition ou la mastication ;

- d'origine intéroceptive : ils correspondent à une distension stomacale ou à l'augmentation de la fréquence des contractions gastriques. Ils peuvent aussi agir au niveau du duodénum par l'intermédiaire d'un mécanisme de type humoral.

Le niveau de consommation alimentaire dépend de deux paramètres :

- . les quantités ingérées par repas,
- . la fréquence des repas.

La diminution de la réponse alimentaire aux stimuli excitateurs provoque l'arrêt du repas et détermine ainsi la quantité ingérée au cours de ce repas (effet de satiété). D'autre part, au cours de l'intervalle entre 2 repas, un 2ème processus intervient pour maintenir cet état de non consommation alimentaire (état de satiété proprement dit) (LE MAGNEN, 1974). Parallèlement, on a pu distinguer deux groupes de cellules dans le centre de la satiété hypothalamique :

- . des cellules qui sont mobilisées lors de l'arrêt du repas ou cellules T,
- . des cellules qui contribuent à l'inhibition de l'ingestion au cours des périodes inter-repas ou cellules S.

Cet ensemble assure une certaine souplesse au mécanisme, puisque la variation de ces deux paramètres comportementaux (la longueur et le nombre de repas) n'entraînent pas obligatoirement une variation de la durée d'ingestion (BECKER, 1974).

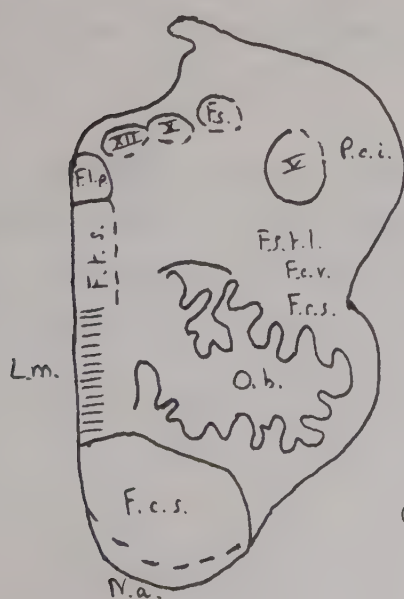
3°/ Contrôle nerveux de la motricité gastrique :

L'influx sensitif vagal conditionne l'existence d'un rythme bulbaire qui commande la motricité gastrique; l'innervation sympathique (nerfs splanchniques) ne joue qu'un rôle accessoire dans l'activité des estomacs (DUSSARDIER, 1960). Mais le bulbe, centre nerveux de la motricité gastrique, reçoit aussi des influx trigéminaux ayant pour origine des stimulations au niveau de la zone buccopharyngée (HELFRE, 1965). Les contractions gastriques dépendent d'un influx moteur vagal, le réseau apparaissant comme le compartiment gastrique le plus sensible à cet influx. Mais les fibres vagales ne transmettent d'influx que pendant la période d'activité de l'estomac (ralentissement ou accélération). DUSSARDIER (1960) a observé que pour maintenir une activité tonique aux estomacs, il fallait que le centre bulbaire ait un rythme de fréquence identique au rythme des contractions gastriques.

On distingue, au niveau de ce centre, 3 sortes de zones (DUSSARDIER, 1960) :

- des points accélérateurs du rythme spontané dans les noyaux articulés et la substance réticulaire blanche,
- des points inhibiteurs en liaison avec les fibres sensibles des nerfs splanchniques,
- des points moteurs directs dans le noyau dorsal du vague ou nerf cardia - pneumo - entérique (DELMAS, 1969). Ce noyau est à distinguer du noyau rond ou noyau sensible dorsal du vague qui correspond au centre respiratoire situé dans la zone bulbaire (Figure 9).

FIGURE 9 :



- F.c.v. : Faisceau cérébelleux ventral
- F.c.s. : Faisceau cortico-spinal
- F.l.p. : Faisceau longitudinal postérieur
- F.r.s. : Faisceau rubro-spinal
- F.s. : Faisceau solitaire
- F.s.t.l. : Faisceau spino-thalamique latéral
- F.t.s. : Faisceau tecto-spinal
- L.m. : Lemniscus médial
- N.a. : Noyau arqué
- O.b. : Olive bulbaire
- P.c.i. : Pédoncules cérébelleux inférieurs.
- V : nerf trijumeau
- X : nerf pneumogastrique ou nerf vague
- XII : nerf grand hypoglosse.

Coupe du bulbe passant par le IVème ventricule

Ce centre de la motricité gastrique est en étroite liaison avec d'autres centres bulbaires, responsables de la respiration, de la rumination (BOST, 1962). Il se trouve aussi sous le contrôle de centres nerveux supérieurs :

- la substance réticulaire responsable de l'état de vigilance (HELFRE, 1965),

- l'hypothalamus (GLAVCHEVA, 1972) et plus particulièrement l'aire latérale de l'hypothalamus.

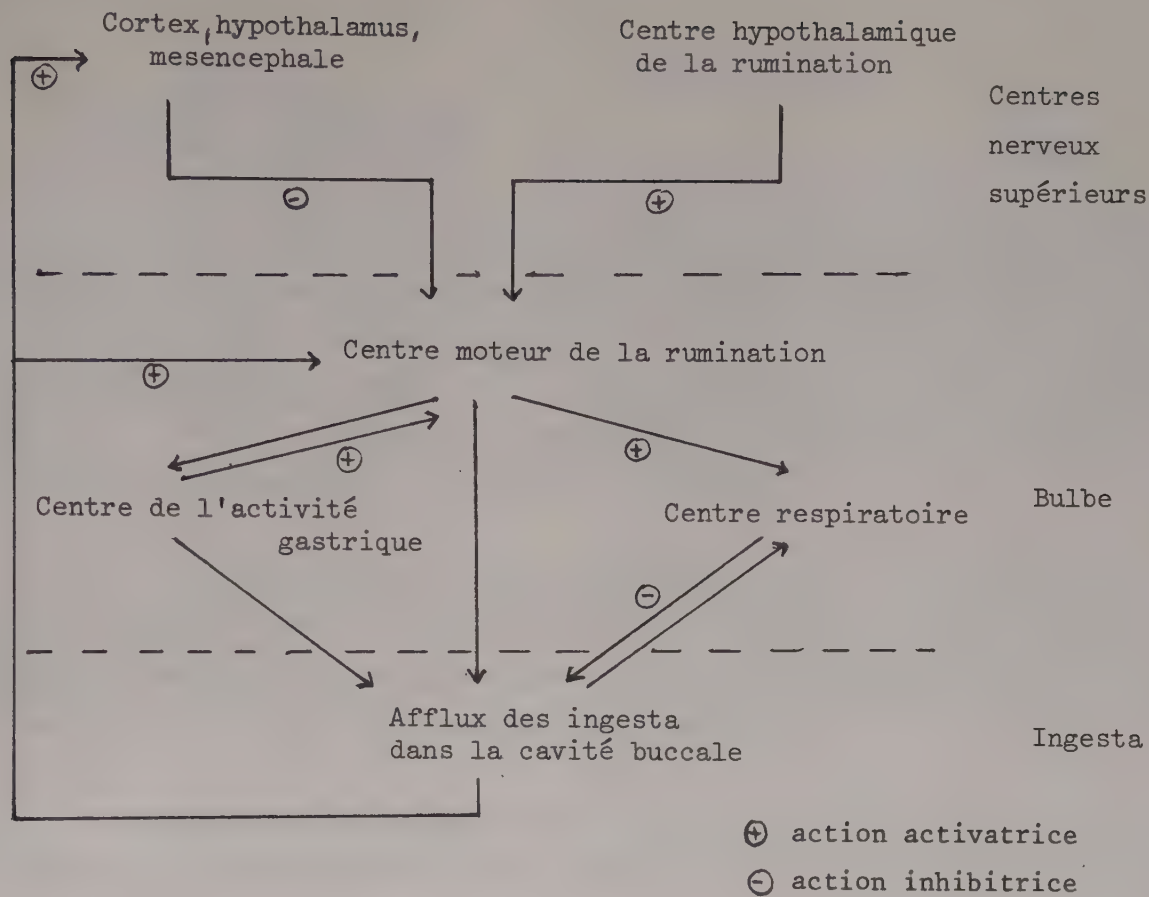
4°/ Contrôle nerveux de la rumination :

L'étude des structures nerveuses mises en jeu au cours de l'ingestion a montré le rôle prépondérant de l'hypothalamus dans ce mécanisme; il en est de même pour l'activité mérycique, la zone spécifique concernée se trouve dans une couche hypothalamique plus profonde que celle des centres faim - satiété (RUCKEBUSCH, 1963). Mais seul le centre bulbaire de rumination a une activité motrice autonome ; il est situé dans la substance réticulaire du bulbe entre le faisceau solitaire d'une part, le noyau dorsal du vague et le noyau de l'hypoglosse (c'est-à-dire la XII paire de nerfs crâniens) d'autre part (ANDERSON, cité par RUCKEBUSCH, 1963) (figure 9).

Ce centre bulbaire est soumis à une action inhibitrice de la part de la zone corticale hypothalamique et réticulaire mésencéphalique (RUCKEBUSCH, 1967). La levée de cette inhibition est assurée par le passage des ingesta dans l'oesophage lors de la rumination, comme il est indiqué à la figure 10. Les connexions établies entre le centre de la rumination et les autres centres bulbaires de la respiration et de la motricité gastrique, permettent la coordination des actes réflexes de la rumination (BOST, 1962).

Les centres nerveux intéressés dans le mécanisme de contrôle de l'ingestion, sont constamment au courant de l'état interne de l'animal et des conditions du milieu extérieur. Il reste à savoir quelles sont les informations qui parviennent à ces centres et leur mode de transmission au cerveau.

FIGURE 10 :



II. - NATURE DES STIMULI AGISSANT SUR LE SYSTEME NERVEUX

1°/ Stimuli humoraux :

Les facteurs mis en jeu dans le contrôle de l'ingestion, peuvent être d'origine variée : thermostatique, lipostatique ou chimiostatique (BALCH, 1969),

a/ Théorie thermostatique :

D'après la théorie de BROBECK (1948), les animaux consomment des aliments pour maintenir leur température et ils s'arrêtent de manger pour prévenir l'hypothermie. BHATTACHARYA (1968) a ainsi obtenu une augmentation d'ingestion significative en infusant intraruminalement de l'eau à basse température chez des ruminants. Mais la température centrale ne peut varier que dans des cas pathologiques, et les variations d'ingestion correspondent plutôt aux variations de la thermogénèse, nécessaires pour la couverture des besoins énergétiques, qu'aux variations de la température elle-même (LE BARS, 1972).

b/ Théorie lipostatique ;
.....

Les dépôts adipeux représentent habituellement la plus grande partie des stocks énergétiques. Ainsi, d'après la théorie de KENNEDY (1952), l'animal mange pour maintenir ses dépôts adipeux à un niveau constant, La quantité de tissus adipeux dans l'organisme pourrait servir à activer un mécanisme de feed-back qui exercerait un contrôle à long terme sur l'appétit (BAILE, 1971). Plusieurs hypothèses ont été proposées au sujet de ce mécanisme :

- l'accumulation de tissus adipeux dans la cavité abdominale, et plus particulièrement autour du rumen, diminue la capacité reticulo-ruminale (BINES, 1969), mais les différences de volume ruminal ne peuvent expliquer qu'une faible partie des variations de consommation alimentaire,

- les produits de dégradation libérés au cours de la digestion peuvent être tolérés à des concentrations plus élevées chez des animaux maigres (CHURCH, 1971) ,

- enfin, les métabolites sécrétés par les tissus adipeux, eux-mêmes, peuvent exercer une action inhibitrice sur l'appétit, par voie sanguine (CHURCH, 1971).

c/ Théorie chimiostatique ;
.....

. Théorie glucostatique : en 1955, MAYER suggérait que le contrôle de l'ingestion devait dépendre de la concentration en glucose sanguin, Des récepteurs, localisés dans l'hypothalamus, pourraient être à l'origine des stimuli de la satiété. Mais de tels récepteurs n'ont pu être mis en évidence chez le ruminant (BAILE, 1966). De plus des infusions (SIMKINS, 1965) ou des injections intraveineuses de glucose (DOWDEN, 1960) n'entraînent que de faibles modifications des quantités ingérées, bien que RUCKEBUSCH (1963) ait trouvé que le contrôle de l'ingestion était dû, comme chez les monogastriques, à une glucosensibilité des centres. D'après HOUPPT (1974), le mécanisme de régulation glucostatique existe chez le ruminant mais le seuil de sensibilité du glucose est plus élevé que chez les autres espèces, aussi la régulation de type glucostatique intervient seulement quand la concentration en glucose du sang devient pathologique.

. Contrôle par les A.G.V. : alors que le glucose joue un rôle prépondérant dans les apports énergétiques chez le monogastrique, ce rôle est assuré, chez le ruminant, par les A.G.V. produits par la microflore du rumen et absorbés à ce niveau. C'est pourquoi on a émis l'hypothèse que les A.G.V. pourraient intervenir dans le contrôle de l'ingestion. Pour apprécier les effets respectifs de chacun des A.G.V., de très nombreuses expériences de perfusion intra-ruminales ont été tentées, les résultats sont variables suivant les auteurs (cf. tableau 3) :

TABLEAU 3 : Effet de l'infusion d'acide sur la consommation d'un fourrage.

REFERENCES	ANIMAL	Régime de base	Méthode d'infusion	Substance infusée	Quantité infusée (g)	Diminution de Q.I. (en % du régime témoin)
ROOK (1960)	Génisse	Foin + concentré	-	C ₂	972	13
				C ₃	700	7
				C ₄	583	6
MONTGOMERY(1963)	Vache	Foin	-	C ₂	870	35
				C ₃	280	10
				C ₄	260	16
SIMKINS (1965)	Vache	Foin	Perfusion lente	C ₂	874	38
				C ₃	615	41
				C ₄	517	21
				A.G.V.	509+123+102	2
ULYATT (1965)	Mouton	Paille + concentré	Perfusion lente	C ₂	55	10
				C ₃	40	7
BAILE (1966)	Mouton	Foin + concentré		C ₂	16	60
WESTON (1966)	Mouton	Foin	Perfusion rapide	C ₂	97	10
				C ₃	86	12
MARTIN (1972)	Mouton	Concentré	Perfusion lente	C ₂	82	21
				C ₃	96	14
DEVUYST (1974)	Mouton	Foin + concentré	Mélangé à la ration	C ₂	24	11

L'injection d'acide acétique provoque, en moyenne, une diminution de la consommation alimentaire plus importante que les autres acides. De plus, comme il représente à lui seul 60 à 70 % des A.G.V. du rumen, on peut penser qu'il a un rôle prépondérant dans le contrôle de l'ingestion chez le ruminant.

75 p.100 des A.G.V. sont absorbés au niveau du rumen, ils peuvent donc intervenir aussi sur l'ingestion après leur passage dans le sang. 60 à 80 p.100 de butyrate est transformé, au niveau de la paroi du rumen, en hydroxybutyrate (REMESY, 1973), le reste du butyrate non métabolisé, ainsi que la presque totalité du propionate, sont captés par le foie. Par conséquent, on ne retrouve plus que de l'acétate dans le sang périphérique, et un mélange d'acétate et de propionate dans le sang porte. DOWDEN (1960) a montré que des injections intraveineuses d'acides acétique ou propionique entraînaient une chute de la consommation alimentaire. Mais l'acide acétique a un effet beaucoup moins dépressif par voie sanguine que par voie ruminale (BAILE et al., 1969) ou même à la limite, un effet nul (HOLDER, 1963). Au contraire, des injections de propionate dans la veine ruminale entraînent une réduction de l'ingestion beaucoup plus élevée que des injections intra-ruminales ou intra-jugulaires du même sel (BAILE, 1969). Ces résultats permettent de penser qu'il y aurait des récepteurs sensibles au propionate dans le foie et le système porte hépatique (BAILE, MAYER, 1969) alors que le reticulo-rumen serait plutôt le siège des récepteurs sensibles à l'acétate (BAILE et al., 1970). Il semble cependant difficile de définir nettement la localisation des récepteurs spécifiques à un acide gras volatil particulier à cause des équilibres chimiques qui s'établissent entre ces acides dans le milieu sanguin (JACOBSON, 1966).

Les travaux présentés ci-dessus, avaient pour but de rechercher l'origine métabolique des variations de consommation alimentaire à partir d'injections intra-ruminales ou intra-veineuses. Mais on ne sait pas si les doses de substances injectées restent dans des variations physiologiques réellement rencontrées chez l'animal ; c'est pourquoi BINES (1968) a mesuré les variations de concentration en A.G.V. dans le sang périphérique, prélevé à des temps variables après le début du repas : il a ainsi pu mettre en évidence une concentration relativement constante des acides gras volatils, mais les variations de propionate pourraient être masquées par les prélèvements de foie (THYE, 1970). SEOANE (1972) a pu prouver l'existence d'un mécanisme de contrôle de l'ingestion de type chimiostatique en échangeant le sang de deux moutons, l'un affamé, l'autre rassasié, mais la nature du facteur humoral mis en jeu reste encore à définir.

. Contrôle par la pression osmotique : d'après la théorie de TERNOUTH (1971), l'arrêt du repas serait causé par la réduction du volume extracellulaire. Tout traitement ayant pour effet d'augmenter le volume extracellulaire, comme des infusions intra-ruminales d'eau (BHATTACHARYA, 1967 ; TERNOUTH, 1971) ou péritonéales de sel (TERNOUTH, 1971) entraîne une augmentation d'ingestion. De même, des infusions intra-ruminales de sel (WESTON, 1966 ; BHATTACHARYA, 1967 ; BERGEN, 1972), en diminuant le volume extracellulaire, provoque une réduction de la consommation alimentaire. La pression osmotique du contenu ruminal est indépendante de la nature de l'aliment distribué à l'animal : foin, concentré ou luzerne (BERGEN, 1972), concentré ou betteraves (ENGELHARDT, 1969). Mais elle évolue au cours de la journée, l'osmolarité à l'intérieur de la panse, mesurée avant l'affouragement (262 ± 23 mmol/l) est plus faible que dans le sérum (295 ± 5 mmol/l), une demi-heure à 2 heures après le repas l'osmolarité du contenu ruminal est en moyenne de 350 ± 33 mmole/l, puis elle diminue à nouveau, devient isotonique puis hypotonique respectivement 4 à 5 heures et 7 à 8 heures après le repas ; cette diminution de la pression osmotique est conditionnée, en grande partie, par l'absorption des acides gras volatils au niveau de la paroi du rumen (ENGELHARDT, 1969).

2°/ Facteurs nerveux :

Ils comprennent :

- des stimuli proprioceptifs ou informations externes,
- des stimuli interoceptifs en provenance du tube digestif.

a/ Stimuli proprioceptifs :

Les aliments peuvent avoir un rôle dans le contrôle des quantités ingérées par les stimuli qu'ils exercent au niveau buccal, ces stimuli étant d'origine diverse, tactile, olfactive ou gustative,

. Stimuli tactiles : le bol alimentaire provoque par son volume et ses caractéristiques mécaniques un stimulus tactile (LE BARS, 1960). Pour des animaux au pâturage, la vitesse d'ingestion dépend de la vitesse de déglutition du bol alimentaire et de la taille de ces bols. Le nombre de bols alimentaires peut devenir un facteur limitant puisqu'il ne peut dépasser 35 000 bols/jour (STOBBS, 1973) chez les bovins ;

d'autre part, la taille des bols elle-même est fonction des difficultés de préhensibilité que présente le fourrage : pour une graminée dont le thalle est haut de 5 cm, le poids moyen ingéré par un mouton sera de 0,025 g matière sèche alors qu'il sera de 0,40 g matière sèche pour un thalle de 35 cm (ALLDEN, 1970). La fatigue des muscles de la mâchoire avait aussi été proposée comme facteur limitant de l'ingestion (VOISIN, 1955), mais cette hypothèse n'a pas été retenue (CAMPLING, 1969, FORBES, 1972).

. Stimuli olfactifs : l'intervention des afférences olfactives dans le système de contrôle de la prise d'aliments, a surtout été étudiée par des neurophysiologistes sur des petits animaux de laboratoire :

- la sensibilité d'un animal à une odeur d'origine alimentaire varie suivant l'état physiologique de cet animal (déplétion ou replétion) (ROYET, 1974) ou suivant l'amplitude de la distension gastrique après l'ingestion d'un repas (CHAPUT, 1974).

- l'activité des cellules du bulbe olfactif est différente chez un animal affamé (PAGER, 1974).

Mais des rats rendus anosmiques par une bulbectomie n'ont pas modifié leur consommation alimentaire, les odeurs alimentaires interviendraient donc préférentiellement sur le contrôle qualitatif de l'ingestion et non sur le niveau de consommation.

. Stimuli gustatifs : le "goût" d'un aliment est un complexe d'ordre olfacto-gustatif (LE MAGNEN, 1956), qui comprend :

- l'odeur : c'est la composante essentielle de ce complexe, car elle permet une individualisation poussée de l'aliment,

- la saveur : ou goût proprement dit. Les aliments correspondent toujours à un mélange de plusieurs substances sapides ; aussi, la sensation de saveur, qui caractérise un aliment, est constituée de l'association de 4 saveurs principales : sucrée, salée, acide et amère (LE BARS, 1972). Les veaux (BERNARD, 1961) comme les moutons (GOATCHER, 1970), sont peu sensibles aux solutions sucrées. Mais le seuil de répulsion, c'est-à-dire la limite au-dessus de laquelle une solution "test" n'entraîne pas une consommation différente de celle déclenchée par de l'eau pure, est atteint

pour des concentrations en sel relativement faibles (BELL, 1959) surtout avec les sels de sodium (BERNARD, 1961). Les moutons sont ainsi particulièrement sensibles aux sels d'acide propionique et butyrique (GOATCHER, 1970). D'après les expériences de KRUEGER (1974), le goût, au sens étroit du terme, interviendrait de façon prépondérante aux autres sens dans le choix d'un fourrage.

. Importance de la région buccopharyngée dans le contrôle de l'ingestion. Pour étudier le rôle de la région buccopharyngée dans l'établissement de la satiété, deux séries d'expériences ont été réalisées :

- pour court-circuiter la région buccale, WESTON (1966) introduit une partie de l'aliment (30 p.100 de la consommation témoin) directement dans le rumen du mouton par l'intermédiaire d'une fistule : les quantités totales de foin ingérées (par voie buccale et intra-ruminale) au cours de la période expérimentale, ne diffèrent pas de la consommation enregistrée pendant la période de contrôle,

- au contraire, si les stimuli extéroceptifs sont les seuls à intervenir comme moyen de contrôle des quantités ingérées, ce qui est obtenu en prélevant des bols alimentaires à leur arrivée au niveau du cardia (CAMPLING, 1961), on obtient alors une augmentation de l'ingestion de 54 à 71 p.100 de la consommation témoin. Il a ainsi été montré que la région buccopharyngée intervient peu dans le contrôle des quantités ingérées par le ruminant, mais ce type de mécanisme peut prendre plus d'importance lors de l'ingestion de quelques aliments caractérisés par un goût particulier.

b/ Stimuli interoceptifs :

. Quantité de digesta contenue dans le rumen : La taille du tractus digestif, et plus particulièrement celle du reticulo-rumen, peut limiter l'ingestion des aliments. CAMPLING (1961) a enregistré, après prélèvement des ingesta par voie intra-ruminale, une augmentation de la consommation alimentaire. Parallèlement, l'apport intra-ruminal d'ingesta (CAMPLING, 1961 ; BAILE, 1967) a entraîné une diminution

d'ingestion. Des résultats identiques ont été trouvés en introduisant des matériaux inertes par voie intra-ruminale, grains de polyvinyle (WESTON, 1966) de polyéthylène (BOLING, 1969), ballons remplis d'eau (CAMPLING, 1961 ; LOFGREN, 1972), à l'exception de CARR (1967) qui n'a enregistré aucune modification d'ingestion. L'addition d'eau par fistule peut aussi entraîner une diminution de la consommation alimentaire (CAMPLING, 1961), bien que ce dernier résultat soit contesté (BAILE, 1967-69). Le volume ruminal, ou plutôt l'état de distension du rumen, pourrait être le stimulus de la satiété ; mais les variations d'ingestion, enregistrées au cours de certaines expériences rapportées ci-dessus, peuvent aussi être reliées à des modifications de pression osmotique (TERNOUTH, 1971).

Il semble préférable de mesurer directement l'état de distension du rumen après l'ingestion d'un fourrage quelconque. BALCH (1969) avec des bovins, ULYATT (1967) et THORNTON (1972) avec des ovins ont ainsi trouvé que le volume ruminal restait pratiquement constant après le repas, quel que soit le type de ration distribué. On a alors avancé l'hypothèse suivant laquelle le signal de la satiété pourrait être donné par des récepteurs situés dans le reticulo-rumen et sensibles à la distension. En effet LEEK (1969) a montré l'existence de mécano-récepteurs dans les parois médianes du reticulum et du sac crânial du rumen, dans la gouttière oesophagienne et le repli reticulo-ruminal. Les informations concernant l'état de distension du reticulo-rumen seraient transmises par ces récepteurs aux fibres afférentes vagues, puis au centre de la satiété (SHARMA, 1961). En fait, MONTGOMERY (1965) avec des génisses et INGALLS (1966) avec des moutons ont montré que le "degré de remplissage" du reticulo-rumen variait avec le type de régime utilisé. Aussi pour nuancer cette théorie, il semble préférable de dire que l'ingestion dépend de la manière dont l'animal "ressent" l'état de distension de son rumen.

. Facteurs de variation du temps de rétention : à capacité ruminale identique, les variations d'ingestion sont dues à des différences de temps de rétention du fourrage dans le rumen (BLAXTER, 1961 ; FREER, CAMPLING, 1963 ; THORNTON, 1972), c'est-à-dire à des différences de vitesse de digestion (DEMARQUILLY, CHENOST, 1969). Or, la vitesse de digestion d'un fourrage est fonction (DEMARQUILLY, 1969) :

a/ du rapport des constituants cytoplasmiques / constituants membranaires : le contenu cellulaire, qui est constitué principalement des constituants azotés et des glucides solubles de la plante, est très rapidement digéré ; la presque totalité des sucres disparaît au cours de l'ingestion du fourrage (JARRIGE, 1973). Le pouvoir d'encombrement de ces constituants du cytoplasme est donc très fugace (DEMARQUILLY, CHENOST, 1969), alors que les polysaccharides des parois cellulaires, étant digérés beaucoup plus lentement, doivent rester dans le rumen de 45 à 70 heures chez le mouton.

b/ de la vitesse de digestion de ses membranes ; celle-ci dépend de la teneur en membranes cellulaires de la plante (VAN SOEST, 1965), mais aussi de la résistance qu'opposent ces membranes à leur digestion microbienne. Cette résistance augmente quand les tissus sont moins accessibles aux bactéries (JARRIGE, 1973) ou qu'ils deviennent plus lignifiés (CRAMPTON, 1957 ; JONES, 1972). Elle dépend aussi de la nature des polysaccharides membranaires, ainsi les hémicelluloses sont moins vite digérées dans le rumen que la cellulose (BEEVER, 1970) et de leur organisation propre à l'intérieur des membranes cellulaires (BAILEY, 1971). Outre les caractéristiques du fourrage, la vitesse de digestion des membranes dépend aussi de l'activité des micro-organismes du rumen et plus particulièrement des bactéries cellulolytiques, d'où l'importance des facteurs qui activent les fermentations microbiennes :

- certains constituants du contenu cellulaire (DEMARQUILLY, 1969) et les produits de leur digestion : acides gras volatils (HEMSLEY, 1963), acide valérique (AMOS, 1971) ;

- la concentration en azote (ROOK, 1969) et en ammoniac (MIZWICKI, 1974) du contenu ruminal.

c/ Enfin, cette activité microbienne est d'autant plus importante que la surface d'attaque des membranes par les micro-organismes est plus étendue. La vitesse de digestion des constituants membranaires est donc aussi fonction de la taille des particules ingérées (TROELSEN, 1964 ; TROELSEN, 1968) , taille qui peut être réduite au cours de la mastication. L'importance de la mastication dans ce processus dépend naturellement de la durée de cette activité, mais aussi de la résistance des membranes à la mastication (BALCH, 1962 ; PHILLIPSON, 1965).

L'ensemble des informations d'origine humorale ou nerveuse permettent au système nerveux central de pouvoir assurer le contrôle de l'ingestion. Suivant le type de ration offert à l'animal, on a attribué la prépondérance à un mode d'information particulier :

. l'ingestion de "fourrage pauvre" , comme la paille, est limitée principalement par un déficit en azote qui ralentit la vitesse de digestion du fourrage dans le rumen (BEN SAUD, 1970) ,

. pour des fourrages de qualité moyenne, la vitesse de passage des particules alimentaires à travers l'orifice reticulo-omasal serait le principal facteur limitant des quantités ingérées,

. enfin, pour des aliments à digestibilité élevée (concentrés), le contrôle de l'ingestion serait assuré par l'action de certains métabolites issus de la digestion (CONRAD, 1966) ou par le maintien de la balance énergétique. Mais cette classification reste assez théorique, le passage d'un type de contrôle à un autre s'effectue progressivement au cours d'un changement de régime (WARNER, 1974).

CONTROLE DE L'INGESTION DE L'ENSILAGE D'HERBE

QU'EST-CE QUE L'ENSILAGE ?

L'ensilage est une technique de conservation des fourrages "à l'état humide avec le minimum de pertes de matière sèche et d'éléments nutritifs"(DEMARQUILLY, 1973). Pour cela il faut :

- créer un milieu anaérobie pour limiter l'activité oxydative de la flore microbienne et des enzymes de la plante,
- favoriser le développement de la flore lactique pour inhiber les fermentations indésirables surtout les clostridies qui entraînent la putréfaction et la décomposition des acides aminés.

Au cours de ce processus d'ensilage, l'herbe est soumise à une série de changements tant chimiques que physiques :

Modifications chimiques (DEMARQUILLY, 1973 ; DEVUYST, 1964) :

Quand le fourrage est introduit dans le silo, il vit, il respire encore, et les cellules de la plante continuent à utiliser l'oxygène de l'air disponible :

Sucre + Oxygène $\longrightarrow$ gaz carbonique + eau + chaleur

Ce processus de respiration terminé, les glucides solubles qui restent sont rapidement hydrolysés en leurs monomères, le glucose et le fructose qui constituent les principales sources d'énergie des micro-organismes. Parallèlement, les constituants azotés sont soumis à une protéolyse intense de la part des enzymes de la plante et sont transformés en acides aminés.

Sur tout fourrage vert séjournent plusieurs millions de micro-organismes par gramme qui se développent dès que la plasmolyse des cellules a lieu, c'est-à-dire que le contenu cellulaire est libéré ; les bactéries aérobies, du type Coli principalement, sont les premières à se multiplier, suivies des bactéries anaérobies, auxquelles appartiennent les bactéries lactiques et un grand nombre de bactéries protéolytiques. Une orientation correcte de ce développement microbien est déterminante dans

la réussite d'un ensilage ; en effet, si la fermentation lactique est suffisante pour abaisser le pH de l'ensilage à 4,0, toute activité microbienne est inhibée et on a atteint un état stable de conservation. Mais si le pH ne descend pas assez rapidement ou pas suffisamment bas, les bactéries butyriques se développent favorisant une élévation du pH, ainsi que les bactéries protéolytiques qui transforment les acides aminés en ammoniac, acides gras volatils, gaz carbonique et amines.

On peut résumer les modifications biochimiques subies par le fourrage, pendant la conservation, dans le tableau suivant (WYLLAM, 1953 ; DEWAR, 1963 ; DEVUYST, 1971 ; Mc DONALD, 1973 ; DEMARQUILLY, 1973).

TABLEAU 4 : Etude sur graminées (résultats exprimés en p.100 de la matière sèche)

FOURRAGE VERT	ENSILAGE
- <u>Glucides</u> (68,6) Glucides solubles (23,8) : . glucose (8,8) . fructose (15,0) . sucrose . fructosanes Hémicelluloses (16,6) Cellulose (28,2)	- <u>Glucides</u> (50,2) Glucides solubles (1,7) : . glucose . fructose Hémicelluloses (16,1) Cellulose (32,4) - <u>Acides gras volatils</u> (3,85) : . acide formique (0,05) . acide acétique (3,6) . acide propionique (0,2) . acide butyrique . acide valérique - <u>Acide lactique</u> (12,1) - <u>Alcools</u> (6,62) : . mannitol (5,6) . éthanol (1,02)
- <u>Acides organiques</u> (2,4) : . malate (1,75) . citrate (0,65) . phosphate	
- <u>Constituants azotés</u> (10,6) : . protéines (8,4) . acides aminés (2,2)	- <u>Constituants azotés</u> (11,7) : . protéines (4,68) . acides aminés (6,0) . ammoniac (1,02)
- <u>Lignine</u> (3,2) - <u>Minéraux</u> (10,7)	- <u>Lignine</u> (3,4) - <u>Minéraux</u> (12,1)

ETUDE EXPERIMENTALE

Modifications physiques :

Le changement de couleur du fourrage ensilé est très spectaculaire. La couleur légèrement brune de l'ensilage est due à l'action des acides organiques sur la chlorophylle qui perd son magnésium et se transforme en phaeophytine (Mc DONALD, 1973).

L'odeur caractéristique des ensilages est liée à la présence d'alcools venant de la dégradation des sucres : alcools de C_2 à C_6 , 2 méthyl-propanol et 2 méthyl-butanol. D'autres produits volatils peuvent intervenir pour modifier cette odeur : des carbonyles, des acides volatils (de C_2 à C_6) et les esters de ces acides (MORGAN, 1962).

Enfin, une modification des structures physiques du fourrage a lieu par suite du tassement et du hachage du matériel ensilé lors de la récolte, et des fermentations qui se déroulent lors de la conservation (JARRIGE, 1973). Mais ces changements sont difficiles à apprécier : l'éclatement des cellules turgescentes du fourrage vert pourrait être à l'origine de cette structure molle que présentent les ensilages, cette modification pourrait intervenir sur la résistance intrinsèque du fourrage à la réduction en fines particules au cours de la mastication (OSBOURN, 1971).

L'ensilage provoque donc des modifications profondes tant sur le plan physique que chimique par rapport au fourrage vert initial. Ces changements sont responsables de la baisse de consommation des animaux recevant de telles rations par rapport à un lot témoin recevant du fourrage vert ; cette baisse d'ingestion est relativement importante : en moyenne 30 p.100 pour 87 ensilages (DEMARQUILLY, 1973), mais elle est, en outre, extrêmement variable de 0 à 60 p.100.

Plusieurs facteurs ont été rendus responsables de la faible ingestibilité de l'ensilage ; les fourrages ensilés se distinguent des foin par leur concentration élevée en acides organiques et en N non protéique. L'ingestion pourrait aussi être limitée par des facteurs intervenant au niveau de la zone buccopharyngée ou de la zone reticulo-ruminale.

I.- FACTEURS HUMORAUX

L'apport de jus d'ensilage par voie buccale ou intra-ruminale à des animaux recevant une ration de foin a entraîné une baisse de la consommation par rapport aux animaux témoins (MOORE, 1960). Les produits contenus dans le jus d'ensilage peuvent donc intervenir directement sur le niveau d'ingestion de l'animal. Or, le processus de récolte et de conservation des ensilages est marqué, d'une part, par la transformation des glucides solubles, des acides organiques et des acides aminés des plantes en acides gras volatils et acide lactique, d'autre part la destruction des protéines en substances non protéiques comme l'ammoniac ou les amines.

1°/ Rôle de l'acidité :

a/ Action du pH :

GORDON (1961-1964) a observé sur toute une série d'ensilages que les ensilages à pH élevé étaient les moins bien consommés, mais ces ensilages à pH élevé étaient aussi les moins bien conservés. A l'inverse, BROWN (1972) a observé une corrélation positive entre la quantité d'ensilage ingérée et le pH de ces derniers mais cette liaison semble plutôt due aux variations de la teneur en M.S. de l'ensilage qu'au pH lui-même ; les ensilages préfanés ont, en effet, des pH supérieurs aux ensilages directs tout en étant de meilleure qualité.

Cependant ORTH (1966) et Mc LEOD (1970) ont augmenté la consommation d'un ensilage d'environ 11 p.100 en neutralisant le pH de cet ensilage par un apport de bicarbonate de sodium. Parallèlement, l'introduction dans le rumen d'un ensilage préalablement neutralisé au bicarbonate de sodium, par l'intermédiaire d'une fistule intra-ruminale, a entraîné une augmentation d'ingestion de 21 p.100 par rapport à des animaux nourris, eux aussi, par voie intra-ruminale avec de l'ensilage non neutralisé (Mc LEOD, 1970). Il est donc vraisemblable de penser que la concentration en ions H^+ d'un ensilage intervient au niveau du rumen, en sensibilisant les chimiorécepteurs de la paroi ruminale par exemple. Mais cet effet du bicarbonate de Na sur l'ingestion se retrouve aussi avec un régime de foin : l'addition de ce sel à du foin a entraîné une augmentation d'ingestibilité de 14 p.100 (ORTH, 1966). On peut donc se demander si

c'est vraiment l'acidité de l'ensilage qui intervient directement sur la quantité ingérée et si ce ne sont pas plutôt les acides gras volatils élaborés lors de la digestion ; ces acides seraient en effet tamponnés par l'apport du bicarbonate, ce qui expliquerait les variations d'ingestion enregistrées avec les deux types de régime : ensilage et foin.

b/ Action des acides gras volatils :

Lors de l'étude des liaisons entre les quantités d'ensilage ingérées et leurs caractéristiques fermentaires, plusieurs chercheurs (GORDON, 1961-64 ; JACKSON, 1970 ; WILKINS, 1971 ; BROWN, 1972 ; DEMARQUILLY, 1973) étaient unanimes pour reconnaître à la fois une action négative des acides gras volatils, surtout de l'acide acétique et une action positive de l'acide lactique, sur la consommation d'ensilage. PUECH (1968) a pour sa part montré que l'ingestion d'ensilage provoquait une hypercétonémie d'autant plus marquée que l'ensilage était de mauvaise qualité. L'acide butyrique présent en quantité élevée dans les ensilages de mauvaise qualité est en effet un précurseur des corps cétoniques et peut, donc, être indirectement à l'origine de variations de quantités d'ensilage ingérées.

Mais la surcharge des ensilages en A.G.V. ou en acide lactique n'a pas donné des résultats toujours très cohérents, en moyenne la diminution d'ingestion n'a été que de 6 p.100 (cf. tableau 5).

TABEAU 5 : *Effet de l'apport d'acide sur la consommation d'ensilage.*

REFERENCES	Animal	Substance ajoutée	Dose ajoutée (g)	Méthode d'apport	Quantité ingérée (% du régime de base).
THOMAS (1961)	Génisses	Acétate	250	Infusion intra-rumina- nale	100
		Propionate	100		95
		(acétate	250		85
		(⁺ propionate	100		
		(⁺ lactate	575		
		(⁺ lactate	575		88
Mc LEOD (1970)	Moutons	Ac.lactique	g/kg MS	avec la ration	
			61		96
			84		89
			113		78
HUTCHINSON (1971)	Moutons	Acétate	50	avec la ration	110
			88		101

Les variations d'ingestion entre ensilages seraient donc liées aux modifications de la qualité fermentaire de ces ensilages (WILKINS, 1971 ; BROWN, 1972 ; DEMARQUILLY, 1973) plutôt qu'à leur teneur en acides gras volatils elle-même. Mais l'ensilage peut aussi exercer une action inhibitrice sur l'ingestibilité du fourrage par sa teneur en acides gras longs (EHRLEIN, 1969) ou en acides du type iso C₄ et iso C₅ (BUENO, 1974), qui existent à concentration relativement élevée dans les ensilages mal conservés. En effet, ces métabolites, perfusés dans le duodénum, exercent une action rétro-active sur la motricité gastrique, et donc sur le transit des ingesta. D'après BUENO (1974), ils agiraient en fonction de leur concentration résiduelle dans l'intestin lorsque le seuil d'absorption au niveau du rumen et du feuillet est dépassé. Cette action dépressive aurait lieu par l'intermédiaire d'une ou de plusieurs hormones dont le mode d'action (activation de la motilité intestinale + inhibition de la motilité ruminale) serait identique à celui de la cholécystokinine, hormone sécrétée par la muqueuse duodénale, lors du passage d'acides ou de graisses dans cette partie de l'intestin (BRUCE, 1973).

Il est possible que la faible ingestion des ensilages mal conservés soit due à la présence de grandes quantités d'A.G.V., ou d'un autre acide, mais il est plus vraisemblable de penser que la variation de concentration de ces corps s'accompagne de celle de certains métabolites non identifiés, et qui, eux, ont une action dépressive directe sur l'ingestibilité (DEMARQUILLY, 1973).

2°/ Rôle des composés azotés :

GORDON, 1961 et 1964 ; WILKINS, 1971 ; DEMARQUILLY, 1973 ont observé une liaison négative entre la quantité d'ensilage ingérée et la teneur de l'ensilage en azote ammoniacal. Une teneur élevée en ammoniac ne semble cependant pas la cause directe de la faible ingestibilité de l'ensilage. La formation d'ammoniac dans les ensilages de mauvaise qualité est en effet toujours accompagnée d'une production importante d'acides aminés et de la décarboxylation d'un certain nombre de ces acides aminés en amines ; histamine, putrescine, cadaverine (Mc DONALD, 1963).

Des injections d'acides aminés dans la veine jugulaire n'entraînant aucune variation de la quantité ingérée (BAILE, 1971), on a donc pensé à un effet dépressif des amines. NEUMARK (1968) a montré que l'infusion directement dans le feuillet d'histamine associée à un acide organique provoquait un arrêt de l'ingestion. Cependant, l'addition, dans des conditions plus physiologiques, d'histamine à un ensilage (Mc DONALD, 1963) ou à un foin (OKAMOTO, 1964) n'a provoqué aucune modification des quantités ingérées.

Il est donc possible que les produits résultant de la dégradation des protéines aient une action directe sur les quantités d'ensilage ingérées, mais ils peuvent aussi être simplement l'indice de la présence d'autres substances non connues, qui auraient seules, une action dépressive sur l'appétit de l'animal (NEUMARK, 1964). D'autre part, ces composés azotés ne peuvent vraiment rentrer en ligne de compte que lors de l'ingestion d'ensilage de mauvaise qualité dans lequel ils sont en concentration appréciable.

3°/ Mise en jeu de la pression osmotique :

On a vu précédemment que toute modification du volume extracellulaire entraînait des variations de quantités ingérées. Or, les variations de pression osmotique dépendent de :

- l'ingestion d'eau sous forme "d'eau de boisson" ou d'eau alimentaire,
- la sécrétion salivaire.

L'eau bue par un animal soumis à un régime d'ensilage est toujours inférieure à la quantité d'eau que boit un animal recevant un foin, mais l'eau totale absorbée est sensiblement supérieure pour les animaux recevant de l'ensilage, soit une augmentation de 25 p.100, comme le montrent les résultats du tableau 3 enregistrés sur bovins (BAILEY, 1961 ; CAMPLING, 1966 ; LUCCI, 1969).

TABLEAU 6 : *Ingestion d'eau en fonction du régime alimentaire (en l.)*

R E G I M E	Eau alimentaire	Eau bue	Eau ingérée
Ensilage	24,3	7,6	31,9
Foin	1,2	23,6	24,8

Il n'est donc pas étonnant que le volume de salive sécrété journallement soit plus faible avec l'ensilage qu'avec le foin (OLTJEN, 1969). On trouve des résultats similaires au niveau de la quantité de salive sécrétée pendant l'ingestion du fourrage : l'ensilage entraîne une diminution de cette quantité de 12 p.100 avec les bovins (BAILEY, 1961 ; ROHR, 1969) et de 60 p.100 avec des ovins (THOMSON, 1972), par rapport à la quantité produite au cours d'un repas de foin. Ce résultat peut être expliqué par des variations au niveau de la vitesse de sécrétion de la salive et de la durée du repas. Or la sécrétion salivaire, en introduisant des ions dans le contenu ruminal, entraîne une réduction du volume extracellulaire.

Le double mécanisme observé sur ensilage, à savoir une augmentation de l'apport d'eau et une diminution de la sécrétion salivaire, entraîne donc une diminution de la pression osmotique et aurait plutôt tendance à augmenter la quantité de matière sèche ingérée. Il semble donc peu probable, que l'ensilage entraîne une diminution de l'ingestion par l'intermédiaire des variations de pression osmotique.

o

o o

D'après ces résultats, il semble que le mécanisme de contrôle de l'ingestion des ensilages soit différent surtout suivant leur qualité de conservation :

1°/ la faible ingestion des ensilages mal conservés peut être attribuée à l'action inhibitrice d'un grand nombre de substances: A.G.V., amines, cétones ou autres métabolites fermentaires libérés au cours du processus d'ensilage,

2°/ pour de "bons ensilages", les A.G.V., dont la concentration varie entre 100 et 500 moles/kg MS, ont un rôle beaucoup plus réduit dans le contrôle de l'ingestion; en effet, la diminution d'ingestibilité exprimée en p.100 de celle du fourrage vert est déjà de 16 p.100 initialement, indépendamment de la concentration en AGV, comme le montre la régression suivante, obtenue sur 54 ensilages (DEMARQUILLY, 1973) : $p.100 = -15,6 - 0,0222 \text{ AGV} \pm 8,33$ $r = 0,681^{***}$

De plus, à très court terme, (c'est-à-dire au niveau de la quantité d'ensilage ingérée au cours d'un repas), on peut difficilement envisager une action des acides organiques sur les récepteurs ruminiaux car :

- les quantités d'ensilage ingérées par le mouton sont relativement constantes quelle que soit la qualité de conservation de ces ensilages,

- et les quantités d'AGV ingérées par grand repas sont très variables : 1,98 à 10,75 mmol AGV/kg P^{0,75} (DULPHY, 1972-73). Ces acides ne peuvent donc pas intervenir comme signal de satiété, c'est-à-dire pour marquer la fin du grand repas.

Enfin, le hachage des ensilages à brins longs ou à brins moyens à la sortie du silo (c'est-à-dire sans modification des caractéristiques fermentaires des ensilages) a entraîné une augmentation des quantités ingérées respectivement de 33 p.100 et de 11 p.100, cette augmentation étant d'autant plus importante que la qualité de conservation des ensilages était meilleure (DULPHY, DEMARQUILLY, 1973).

On peut donc supposer que, pour des ensilages bien conservés, le rôle des métabolites fermentaires dans le contrôle de l'ingestion est réduit, et un autre mécanisme doit intervenir pour expliquer les variations de quantités ingérées.

II.- FACTEURS NERVEUX

1.- Rôle de la région bucco-pharyngée dans le contrôle de l'ingestibilité des ensilages :

L'apport d'ensilage par voie intra-ruminale entraîne une augmentation de consommation totale d'ensilage d'environ 9 p.100 (Mc LEOD, 1970). Il existe donc des stimuli d'origine oropharyngée qui interviennent dans le contrôle de l'ingestion ; comme on l'a vu précédemment, ces facteurs peuvent être de nature olfactive ou gustative. Si peu d'études ont été réalisées sur le rôle de l'olfaction dans le contrôle de l'ingestion des ensilages, par contre on a essayé de modifier le goût des fourrages en ajoutant des produits variés à la ration : ainsi, l'apport d'acide valérique ou isovalérique juste avant la distribution de l'ensilage a entraîné une

augmentation d'ingestion de 19 p.100 (HIDIROGLOU, 1965). Mais la variation de consommation enregistrée ne correspond pas obligatoirement à la sensibilisation des centres gustatifs. Et il est donc difficile d'attribuer cette modification d'ingestion au stimulus gustatif étudié (LE MAGNEN, 1974). Aussi, bien que le manque d'appétibilité des ensilages ait été reconnu chez le ruminant (GREENHALGH, 1971), le mécanisme du contrôle de l'ingestion au niveau bucco-pharyngé n'a pas encore été explicité.

2.- Rôle du rumen et de son contenu dans le contrôle de l'ingestion des ensilages :

La quantité de contenu ruminal après un repas d'ensilage est toujours plus faible qu'après un repas de foin; la capacité du reticulo-rumen ne peut donc pas intervenir comme facteur limitant de l'ingestion des ensilages (tableau 7).

TABLEAU 7 : *Variation du poids de contenu ruminal en fonction du mode de conservation du fourrage.*

AUTEURS	FOURRAGE	ANIMAUX	Contenu sec (g/kg P ^{0,75})		
			Ensilage	Foin	Fourrage vert
WALDO (1965)	Luzerne	Bovin	78,6	97,9	-
WALDO (1966)	Luzerne	"	69,8	79,9	-
CAMPLING (1966)	Gram./trèfle	"	86,6	120,0	-
LAWLOR (1967)	Gram./trèfle	"	51,9	84,7	-
DULPHY - BECHET THOMSON (1975)	Graminée	Ovin	17,0	-	32,6

Si le contrôle de l'ingestion des ensilages par le ruminant était lié, comme celui des foin, à la distension des réservoirs gastriques, et surtout du rumen, les quantités d'ensilage ingérées seraient d'autant plus importantes que le rumen se vide plus rapidement, la vitesse de disparition des digesta hors de ce compartiment étant fonction de la part respective des membranes végétales et des constituants du contenu cellulaire dans le fourrage, c'est-à-dire de sa digestibilité (BALCH, CAMPLING, 1969). C'est pourquoi on a cherché à établir des liaisons entre les quantités ingérées et la digestibilité des ensilages, mais ces corrélations sont faiblement significatives (DEMARQUILLY, 1973) ou même non significatives (HARRIS, 1963 ;

WILKINS, 1971). Cependant, le temps de rétention des résidus indigestibles, dans l'ensemble du tube digestif, est un peu plus élevé pour les ensilages : 80 heures que pour les foins : 69 heures, mais cette différence n'est pas significative (CAMPLING, 1964-66).

Mais DEMARQUILLY (1969) a montré que la quantité de matière sèche ingérée dépendait essentiellement de la vitesse de digestion du fourrage, c'est-à-dire de la quantité digérée après un temps de séjour relativement court dans le rumen (13 heures). La diminution de la digestibilité "13 heures" des ensilages à brins courts peut expliquer la diminution d'ingestibilité de ces ensilages par rapport aux fourrages verts initiaux (DULPHY, 1972) ; mais en comparant la vitesse de digestion des ensilages différents soit par leur finesse de hachage, soit par leur qualité de conservation et qui étaient ingérés en quantité très différente, il n'a pas été possible de mettre en évidence des différences tant pour leur digestibilité "13 heures" que pour l'activité "cellulolytique" du jus de rumen (DULPHY, BECHET, 1975). La vitesse de digestion peut donc être l'origine d'une partie des différences de quantités de fourrage ingérées suivant le mode de conservation de ce fourrage (fourrage vert, foin, ensilage) ; mais les variations de consommation entre les ensilages eux-mêmes doivent plutôt être rattachées à des problèmes relatifs à la concentration des métabolites fermentaires dans les ensilages ou à la vitesse de division des particules alimentaires qui ralentissent le transit ou encombrent le rumen.

C O N C L U S I O N

La faible ingestibilité des ensilages par rapport au fourrage vert a fait l'objet de nombreuses hypothèses afin d'en découvrir les causes et les mécanismes; elle doit être en relation avec les modifications de la structure physique du fourrage et les produits de fermentation (acides gras volatils, azote non protéique) élaborés au cours du processus de conservation. Les acides gras volatils totaux et l'ammoniac, quand ils se trouvent dans l'ensilage à concentration suffisamment importante, peuvent être la cause de cette diminution d'ingestibilité, mais il est plus vraisemblable de penser qu'ils caractérisent un type de fermentation donnant naissance à certains composés chimiques limitant l'appétit. Le mécanisme d'intervention de ces composés sur l'ingestion peut être de 2 types; il s'agirait :

- soit de la sensibilisation directe des centres nerveux de la satiété, par des informations perçues au niveau de la muqueuse gastrique ou après absorption des substances dans le sang,

- soit d'un ralentissement de la motricité gastrique, d'où une diminution de la vitesse de transit et des problèmes au niveau de l'homogénéisation du contenu ruminal.

Mais certains résultats obtenus au Laboratoire des Aliments du C.R.Z.V. de Theix, ne peuvent être expliqués par un contrôle des quantités ingérées de type métabolique ; en effet, on a vu précédemment que des ensilages de qualité de conservation identique, étaient ingérés différemment suivant la longueur des brins : chez le mouton la diminution d'ingestion entraînée par l'ensilage par comparaison au fourrage vert a été d'autant plus faible que le fourrage avait été haché en brins plus courts (DULPHY, DEMARQUILLY, 1973). Il nous a donc paru intéressant d'approfondir ce sujet en précisant le rôle de la finesse de hachage des ensilages sur leur ingestibilité par l'étude :

- du comportement alimentaire et mérycique des ovins et des bovins (expérience 1),

- de la vitesse de digestion des ensilages (expérience 2),

- de la granulométrie du contenu du rumen, du feuillet et des bols alimentaires (expériences 3 et 4). Il sera ainsi possible d'apprécier l'incidence de la digestion microbienne et de la mastication sur la réduction des fourrages en fines particules,

- des contenus digestifs qui permettent d'apprécier globalement la vitesse de transit des ensilages (expériences 3 et 4).

D'autre part, DULPHY et DEMARQUILLY (1971-72) avaient montré, à partir d'études sur le comportement, que les moutons recevant des ensilages d'herbe étaient rapidement rassasiés. On s'est donc posé la question de savoir quels étaient le ou les facteurs à l'origine de ce processus de satiété, problème qui n'est plus lié à un effet "longueur des brins des ensilages" comme précédemment, mais à une action intrinsèque de l'ensilage. L'établissement de la satiété intervenant après un temps relativement bref, il ne pouvait être question d'un contrôle de l'ingestion de type métabolique. On a donc pensé à une action :

- au niveau de la région bucco-pharyngée avec sensibilisation des organes des sens. Pour apprécier le rôle respectif du goût et de l'odorat dans l'ingestion des ensilages, on comparera le comportement de moutons rendus anosmiques ou agnosmiques à celui d'un lot témoin (expérience 5),

- au niveau digestif, par des différences de vitesse d'homogénéisation du contenu ruminal. S'il y a encombrement du rumen, celui-ci a lieu au cours des 2 principaux repas de la journée qui suivent la distribution du fourrage, la motricité du rumen ayant un rôle prépondérant dans le brassage du contenu, on a mesuré la vitesse de contraction ruminale pendant l'ingestion des grands repas d'ensilage (expérience 6),

1ère PARTIE : ETUDE DES MANIFESTATIONS DU COMPORTEMENT DES
RUMINANTS RECEVANT LES ENSILAGES A BRINS COURTS,
MOYENS OU LONGS.

Les mesures de la valeur alimentaire d'un fourrage sont réalisées de façon courante sur des ovins, mais la transposition de ces résultats aux bovins pose un problème car il existe entre ces deux espèces de nombreuses différences au niveau de :

- leur métabolisme de base, qui est plus bas pour les ovins que pour les bovins (BLAXTER, 1966) ;

- leurs besoins qui ne sont pas les mêmes pour un état physiologique identique (HEANEY, 1970) ;

- enfin, leur anatomie, et leur physiologie digestive, qui présentent elles aussi des différences non négligeables, (RUCKEBUSCH, 1971).

Il nous a donc paru nécessaire d'étudier les paramètres du comportement alimentaire et mérycique à la fois chez les ovins et les bovins, et les principales différences entre ces deux espèces (exp. I.).

A/ MATERIEL ET METHODES

1°/ Fourrages :

Ovins : à partir de 9 fourrages verts sur pied (5 graminées et 4 légumineuses), récoltés au 1er cycle de végétation (7 fourrages) ou au 2ème cycle (2 fourrages), 21 ensilages expérimentaux ont été préparés. La récolte a été effectuée :

- soit avec une machine à fléaux : brins de 10 à 25 cm ou brins longs (BL , n = 8),

- soit avec une machine à plateau hacheur de type Scampolo : brins de 5 à 15 cm ou brins moyens (BM , n = 3) ,

- soit avec une machine à tambour hacheur de type New Holland : brins de 0,5 à 5 cm ou brins courts (BC , n = 10).

Tableau 8 : COMPOSITION CHIMIQUE ET CARACTERISTIQUES FERMENTAIRES DES FOURRAGES DISTRIBUES AUX OVINS

	Nombre	% M.S.	CUD MO	en p.100 M.S.		pH	g/kg M.S.		N-NH ₃ / N T (%)
				M.M.	M.A.T.		C.B.	Acide Lactique	
<u>Graminées :</u>									
B.L.	4	20,1	71,3	14,8	10,7	4,19	50,65	27,07	9,58
B.C. et B.M.)	11	20,8	68,6	11,6	12,2	4,02	59,90	19,85	7,26
B.L.h. - B.M.h.)									
F.V.	5	17,4	67,8	10,9	12,3	-	-	-	-
<u>Luzerne :</u>									
Ensilage	7	22,6	64,1	11,3	16,3	4,51	53,6	36,14	12,07
F.V.	3	21,3	62,6	10,5	17,8	-	-	-	-
<u>Trèfle :</u>									
Ensilage	5	18,6	64,9	9,5	15,1	3,92	42,7	14,77	6,73
F.V.	1	13,7	67,9	11,7	13,2	-	-	-	-

Tableau 9 : COMPOSITION CHIMIQUE ET CARACTERISTIQUES FERMENTAIRES DES FOURRAGES DISTRIBUES AUX OVINS ET BOVINS

B.L.	3	20,0	71,9	14,5	11,0	4,23	45,3	28,9	9,95
BLh - B.C.	3	20,2	68,5	9,0	11,0	4,01	45,6	17,7	7,29
F.V.	3	17,5	68,4	10,2	11,8	-	-	-	-

De plus, 3 des 8 ensilages à brins longs ont été hachés au hachepaille, avant leur distribution aux animaux (BLh) ; il en est de même pour 3 des ensilages à brins moyens (BMh). Les fourrages ont été conservés en silo hermétique (17) ou non hermétique (4), et ils ont tous reçu un conservateur (acide formique) à des doses de 3,5 ou 5 l./tonne de fourrage ensilé. Les caractéristiques de ces ensilages sont rapportées au tableau 8.

Bovins : 6 des 21 ensilages précédents ont aussi été distribués à des génisses. Il s'agissait d'ensilages à brins longs (3) ou à brins courts (3), conservés en silo hermétique après apport d'acide formique (3,5 l./tonne de fourrage ensilé). Les caractéristiques de ces ensilages sont rapportées au tableau 9.

En moyenne, l'utilisation d'un conservateur a permis d'obtenir des ensilages bien conservés, et ainsi de réduire les variations de quantités ingérées dues à la qualité de conservation des ensilages.

2°/ Mesures et analyses :

. Quantités ingérées :

Les ensilages ont été distribués ad libitum (10 à 15 % de refus) pendant deux semaines en deux repas par jour (8 h. et 17 heures), à 6 béliers adultes de race Texel, d'un poids moyen de 66 kg et à 5 génisses de 300 kg environ. Au cours des 5 derniers jours de chaque période les quantités ingérées par jour et par grand repas ont été mesurées à partir des pesées réalisées avant et après la distribution du matin et du soir. Les 6 ensilages distribués à la fois aux moutons et aux génisses l'ont été au cours des mêmes périodes. Des mesures identiques ont été faites pour les fourrages verts correspondants.

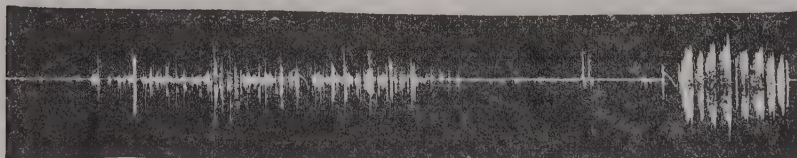
Le CUD de la matière organique a été calculé à partir des quantités volontairement ingérées par l'animal et de celles excrétées dans les fèces.

. Enregistrement graphique des mouvements de mâchoire :
.....

Parallèlement, nous avons enregistré le comportement alimentaire et mérycique des animaux selon la méthode mise au point par RUCKEBUSCH (1963), c'est-à-dire par transcription graphique, sur une bande enduite de noir de fumée, des variations de pression subies par un ballonnet rempli de mousse de polyuréthane et fixé sous la mâchoire inférieure de l'animal à l'aide de sangles souples. La vitesse de déroulement de la bande était, en moyenne, de 2 mm/mn.

La forme des tracés obtenue permet de distinguer aisément ceux qui correspondent à la prise d'aliments, à la rumination et à l'absence d'ingestion ou de rumination (période de repos) (figure 11). La rumination correspond à un tracé régulier avec des cycles méryciques individualisés, alors que le tracé qui représente la préhension et l'ingestion du fourrage est très irrégulier et haché. L'inactivité de la mâchoire est transcrite par un tracé horizontal.

FIGURE 11 : ENREGISTREMENT GRAPHIQUE DU COMPORTEMENT.



Ingestion

Repos

Rumination

De plus, pour mieux étudier le comportement comparé des ovins et des bovins, nous avons utilisé une vitesse supérieure (50 mm/mn) de déroulement de la bande d'enregistrement, pendant 100 mn environ, réparties comme suit :

- 10 mn au début du repas du soir pour enregistrer le comportement alimentaire détaillé lors de l'ingestion. Nous avons vérifié, auparavant, qu'il n'y avait pas de différences de vitesse d'ingestion lors des 10 premières minutes entre repas du matin et repas du soir,

- 90 mn pour enregistrer le comportement mérycique détaillé entre 12 h. et 14 h.. Cette période de la journée a été choisie pour éviter que les animaux ne soient trop perturbés par les allées et venues du personnel.

Cette double série de mesures a été réalisée seulement au cours des 3 derniers jours de mesure du comportement.

. Définition des paramètres du comportement alimentaire et mérycique (DULPHY, 1971)

Les durées d'ingestion (DI) et de rumination (DR), au cours d'un nycthémère, ont été calculées en faisant respectivement la somme des temps passés à ingérer et à ruminer (une période regroupant une suite d'activités unitaires, dont la durée est au moins égale à 7 mn). Nous avons appelé "grand repas" la période d'ingestion suivant chacune des deux distributions journalières du fourrage ; à partir de cette notion, deux paramètres ont pu être définis : les quantités ingérées par grand repas (q_i) et la durée d'ingestion correspondante (d_i). La durée unitaire d'ingestion journalière (DUI), par grand repas (d_{ui}) et la durée unitaire de rumination (DUR) correspondent au temps passé à ingérer ou à ruminer par g de MS ingéré et par kg de poids métabolique ; le temps de latence est le temps qui s'écoule entre la fin du grand repas et le début de la première période de rumination qui lui fait suite (KERBAA, 1969).

. Analyses :
.....

Un échantillon représentatif de l'ensilage distribué aux animaux a été prélevé au début et à la fin de chaque période de mesure pour être analysé (tableaux 8 et 9). Sur l'échantillon frais, nous avons déterminé :

- la teneur en matière sèche par déshydratation à 80°C, pendant 24 heures et la teneur en cendres par minéralisation à 600°C pendant 6 h.,
- la teneur en azote par la méthode de Kjeldahl.

Sur le jus d'ensilage, extrait à la presse, nous avons mesuré :

- le pH,
- la teneur en acide lactique (méthode colorimétrique de BARKER - SUMMERSON, 1941),
- la teneur en acides gras volatils et en alcools par une chromatographie en phase gazeuse (méthode de RIGAUD - JOURNET, 1970).

Sur l'échantillon sec, nous avons déterminé la teneur en cellulose brute, par la méthode de Weende.

Les teneurs en cendres, en matières azotées et en cellulose brute ont été exprimées en pourcentage de la matière sèche réelle d'ensilage, c'est-à-dire de la matière sèche corrigée pour tenir compte des produits volatils perdus lors du séchage à l'étuve. En effet, le séchage à l'étuve entraîne des pertes de produits volatils, il faut donc :

- soit utiliser une autre méthode de détermination de la matière sèche, la méthode la plus précise étant celle proposée par DEWAR et Mc DONALD (1961) c'est-à-dire une distillation dans le toluène ,

- soit corriger la teneur déterminée à l'étuve. Les analyses citées précédemment permettent de déterminer la quantité de produits volatils dans les ensilages : A.G.V. , ammoniac, et alcools. Ces substances sont partiellement ou intégralement perdues au cours du séchage à l'étuve. La quantité de matière sèche volatile perdue à l'étuve peut être estimée par les équations suivantes (DULPHY, DEMARQUILLY, 1975) :

$$\begin{aligned} \text{pour les graminées } Y &= 0,616 x_1 + 0,142 x_2 + 0,830 x_3 + x_4 \\ \text{pour les légumineuses } Y &= 0,534 x_1 + 0,732 x_3 + x_4 \end{aligned}$$

x_1 , x_2 , x_3 et x_4 étant respectivement les teneurs en ammoniac, acide lactique, acides volatils (formique, acétique , propionique et butyrique) et alcools exprimés en g/kg de matière sèche non corrigée. Il suffit alors de rajouter à 1000 g de "matière sèche étuve " la quantité Y pour obtenir la teneur en matière sèche réelle du fourrage.

Nous avons rapporté dans le tableau 1 le coefficient de digestibilité de la matière organique, qui a été calculé à partir de la formule suivante :

$$\text{CUD MO} = \frac{(\text{MO offerte} - \text{MO refusée}) - \text{MO excrétée}}{\text{MO offerte} - \text{MO refusée}} \times 100$$

B/ R E S U L T A T S

I.- ETUDE DU COMPORTEMENT ALIMENTAIRE ET MERYCIQUE DES MOUTONS

1°/ Caractéristiques moyennes :

a/ Quantités ingérées :

L'ensilage a entraîné une diminution très variable (de 0 à 64 % , n = 27) de l'ingestibilité par comparaison aux fourrages verts correspondants. Une étude statistique des résultats (analyse d'une expérience factorielle de type 2^2 , c'est-à-dire d'une analyse de variance à 2 voies de classification avec calcul d'interaction), avec 16 ensilages, a permis de montrer que :

- la machine de récolte jouait un rôle important dans ces variations : la diminution d'ingestibilité exprimée en % de l'ingestibilité de la plante sur pied, a été beaucoup plus forte ($\star^1$) pour les ensilages récoltés avec une machine à fléaux (48 %) que pour ceux récoltés avec une ensileuse à tambour ou à plateau hacheur (21 %) ;

- l'espèce fourragère jouait un rôle négligeable dans ces variations : baisse d'ingestion de 29 %, en moyenne, pour les graminées contre 32 % pour les légumineuses (N.S.). Notons simplement que les quantités d'ensilage de luzerne ingérées ont été anormalement faibles ce qui pourrait être attribué au fait que les animaux recevant ces ensilages étaient plus lourds (pour 3 des ensilages) ou plus gras (pour 4 des ensilages) que ceux recevant les fourrages verts de luzerne correspondants ;

- l'interaction machine de récolte / espèce fourragère a été hautement significative ($P < 0,01$). La diminution d'ingestibilité entre la plante sur pied et la plante ensilée a été beaucoup plus forte, dans le cas des graminées, pour les ensilages à brins longs (60 %) que pour les ensilages à brins courts (16 %), alors qu'elle a été respectivement de 41 % et de 30 % dans le cas de légumineuses. Il nous a donc paru nécessaire d'étudier séparément graminées et légumineuses.

(1) Remarque N.S. = différence non significative

$\star$ = différence significative à 5 %

$\star\star$ = " " " à 1 %

$\star\star\star$ = " " " à 1 ‰

Tableau 10 : QUANTITES INGEREES ET DONNEES COMPORTEMENTALES

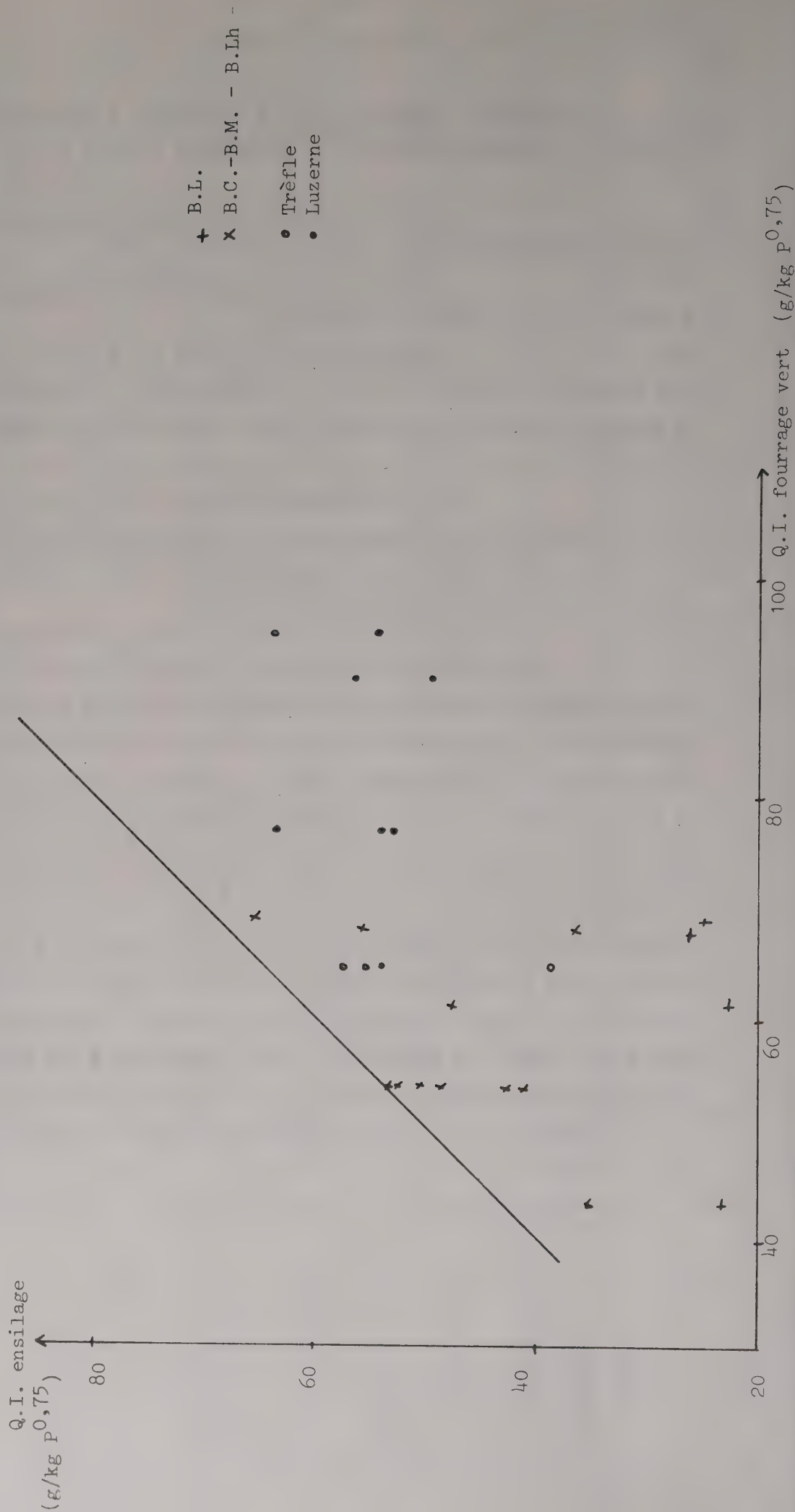
	Nombre	QI (g/kg P ^{0,75})	qi (g/kg P ^{0,75})	DI (mn)	DUI (mn/g)	di (mn)	dui (mn/g)	Nombre petits repas	Latence matin (mn)	Latence soir (mn)	Laence moyenne (mn)	DR (mn)	DUR (mn/g)	DUR réelle (mn/g)
<u>Graminées :</u>														
Ens. à brins longs	4	23,9 ± 1,2	7,9 ± 1,0	211 ± 21	8,69 ± 0,79	58 ± 5	7,43 ± 1,00	5,2 ± 1,2	108 ± 26	161 ± 24	135 ± 23	406 ± 27	16,95 ± 1,17	10,01 ± 2,35
Ens. à B.C.-B.M.)		47,7 ±	13,1 ±	237 ±	5,11 ±	55 ±	4,38 ±	7,0 ±	64 ±	106 ±	85 ±	536 ±	11,53 ±	10,77 ±
Ens. à BMh - BLh)	11	8,9	4,3	19	1,01	11	0,99	1,0	17	18	17	60	2,05	1,76
Fourrage vert	5	58,9 ± 10,8	18,1 ± 3,7	299 ± 36	5,18 ± 0,86	85 ± 13	4,77 ± 0,66	6,7 ± 1,5	35 ± 2	77 ± 35	56 ± 23	531 ± 27	9,25 ± 1,69	9,03 ± 1,70
<u>Trèfle :</u>														
Ensilage	5	53,7 ± 9,1	19,7 ± 3,3	262 ± 11	5,03 ± 1,1	70 ± 7	3,62 ± 0,70	6,6 ± 0,9	79 ± 16	118 ± 20	98 ± 18	534 ± 41	10,11 ± 1,15	9,49 ± 0,62
Fourrage vert	1	64,5	19,5	289	4,48	78	4,00	6,7	-	-	-	554	8,56	8,41
<u>Lucerne :</u>														
Ensilage	7	56,4 ± 5,4	15,0 ± 2,1	253 ± 41	4,56 ± 1,08	60 ± 23	3,88 ± 1,15	6,8 ± 2,2	87 ± 35	157 ± 34	122 ± 32	452 ± 42	8,10 ± 1,25	7,73 ± 1,11
Fourrage vert	3	87,7 ± 9,3	30,6 ± 2,8	297 ± 40	3,38 ± 0,01	88 ± 6	2,89 ± 0,33	8,6 ± 1,3	48 ± 11	125 ± 22	86 ± 15	521 ± 36	6,01 ± 1,02	5,89 ± 1,00

Suivant l'importance de la diminution d'ingestibilité, nous avons classé les fourrages étudiés en 4 catégories (figure 12) :

- les ensilages de graminées à brins longs (diminution moyenne d'ingestibilité de 59 %),
- les ensilages de graminées à brins moyens, à brins courts, à brins longs et moyens hachés (18 %),
- les ensilages de trèfle (17 %), mais il n'a pas été possible d'étudier de façon détaillée l'influence de la machine de récolte sur l'ingestibilité de ces ensilages, étant donné le petit nombre de résultats ($n = 5$),
- les ensilages de luzerne (36 %); nous avons regroupé dans cette catégorie tous les ensilages de luzerne sans distinction de longueur de brins, car la diminution d'ingestibilité due à l'ensilage a été peu différente selon la machine de récolte utilisée.

Les quantités ingérées lors des grands repas ont représenté, avec des ensilages de graminées et de luzerne, 61 et 50 % respectivement de celles ingérées avec les fourrages verts (tableau 10). L'ingestion d'ensilage a donc entraîné un rassasiement rapide des moutons. Mais ce mécanisme de satiété n'a pas été observé chez les animaux recevant du trèfle : les quantités ingérées lors des grands repas n'ont baissé que de 8 % par rapport à celles ingérées avec le fourrage vert initial. De plus, il y a eu des différences selon la machine de récolte utilisée, surtout pour les ensilages de graminées : en effet, lors des grands repas, le mouton a ingéré 42 % de sa consommation en vert avec l'ensilage à brins longs et 68 % avec l'ensilage à brins courts. Pour ces ensilages de graminées, les variations de quantités ingérées lors des grands repas ont expliqué, à elles seules, 67 % des variations des quantités ingérées journalières (le carré du coefficient de corrélation entre QI et q_i correspond, en effet, au pourcentage de variation de QI pouvant être attribué à q_i - figure 13).

Figure 12 : RELATION ENTRE LA QUANTITE DE MATIERE SECHE D'ENSILAGE INGEREE ET LA QUANTITE DE MATIERE SECHE
DE FOURRAGE VERT INGERE.



b/ Comportement lors de l'ingestion :
.....

Les durées journalières d'ingestion ont été plus faibles avec les ensilages qu'avec les fourrages verts : 230 mn contre 299 mn pour les graminées et 257 mn contre 295 mn pour les légumineuses.

La durée unitaire d'ingestion a été plus élevée pour les ensilages que pour les fourrages verts : augmentation de la DUI de 17 % pour les graminées, 12 % pour le trèfle et 38 % pour la luzerne. Quel que soit le type de fourrage considéré (ensilage ou fourrage vert), les légumineuses ont toujours été ingérées plus rapidement que les graminées :

5,82 mn/g/kg $P^{0,75}$ pour les graminées,
4,48 mn/g/kg $P^{0,75}$ pour les légumineuses.

La finesse de hachage des ensilages a eu une action très nette sur la DUI. En effet, avec les ensilages à brins courts, la DUI a été sensiblement égale à celle des fourrages verts correspondants, alors qu'avec les ensilages à brins longs, la DUI a augmenté de 63 % pour les graminées et de 66 % pour les luzernes par rapport à celle du fourrage vert.

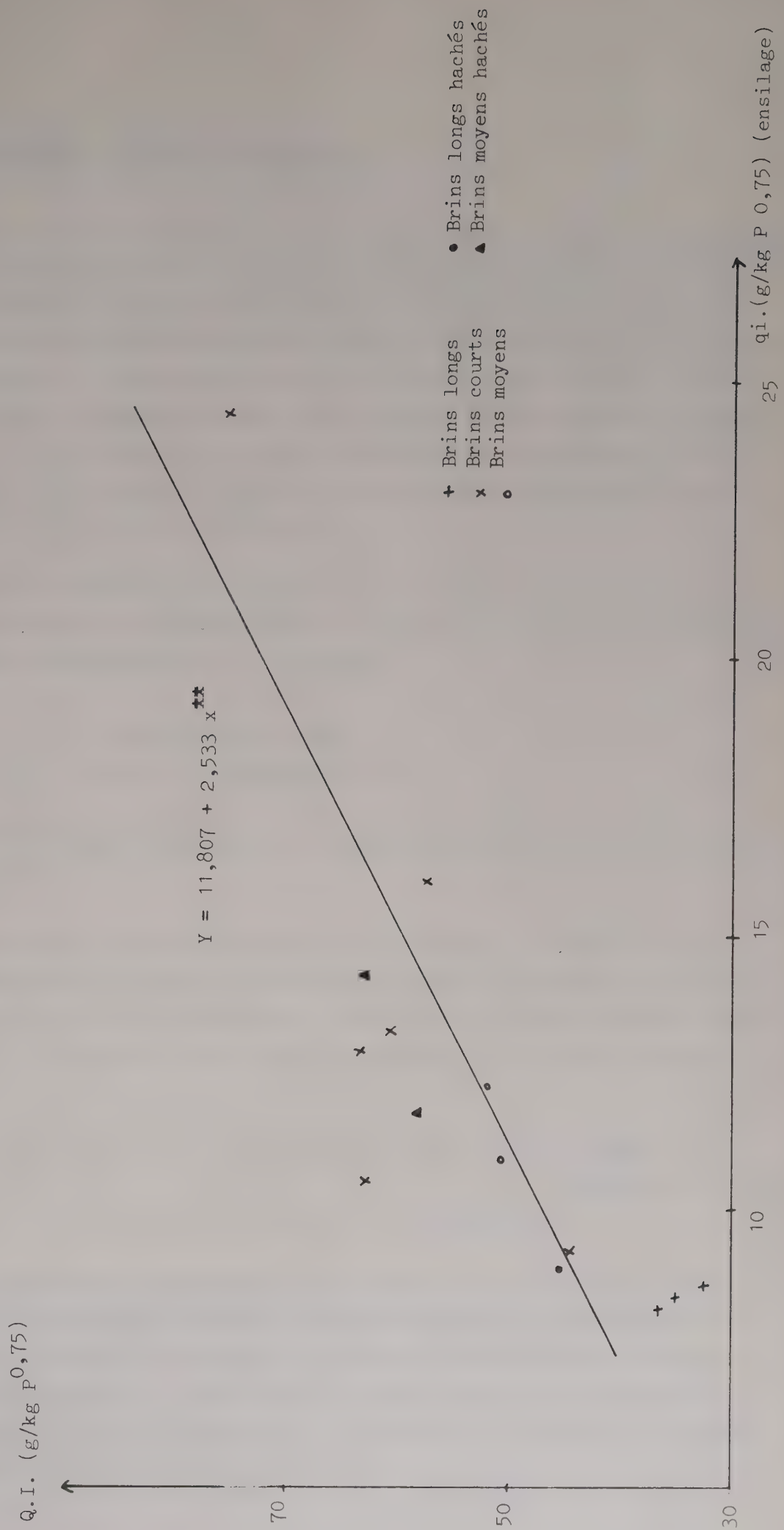
Le fourrage ingéré au cours du grands repas a toujours été consommé plus rapidement qu'au cours des autres repas de la journée, mais les variations de la dui en fonction du fourrage ou de la longueur des brins ont été semblables à celles enregistrées pour la DUI.

Le nombre de petits repas d'ensilage (nombre de repas - 2) a été identique à celui du fourrage vert pour les graminées, mais un peu inférieur pour les légumineuses (diminution de 16 %). Le nombre de petits repas d'ensilage a été en moyenne peu différent suivant les espèces :

- 6,3 pour les ensilages de graminées,
- 6,8 pour les ensilages de luzerne,
- 6,6 pour les ensilages de trèfle.

mais le coefficient de variation a été très élevé pour la luzerne. Seule la machine de récolte a entraîné des variations importantes de ce paramètre, surtout pour les graminées; l'ensilage à brins courts a provoqué une augmentation du nombre de petits repas de 26 % par rapport à l'ensilage à brins longs.

Figure 13 : RELATION ENTRE LES QUANTITES DE MATIERE SECHE D'ENSILAGE DE GRAMINEES INCEREES PAR GRAND REPAS ET PAR JOUR.



c/ Comportement lors de la rumination :
.....

Quelle que soit la nature du fourrage (ensilage ou fourrage vert, graminée ou légumineuse), le temps de latence a été plus élevé après le repas du soir (124 mn en moyenne) qu'après le repas du matin (60 mn). Les temps de latence moyens (moyenne matin et soir) ont été plus élevés après les repas d'ensilage qu'après les repas de fourrage vert : 72 mn contre 56 mn avec les graminées et 122 mn contre 86 mn avec les luzernes. Ce temps de latence a été beaucoup plus long avec les ensilages de graminées à brins longs qu'avec ceux à brins courts : en moyenne (123 mn avec les ensilages à brins longs, 78 mn avec les ensilages à brins courts contre 56 mn avec les fourrages verts correspondants).

La durée de rumination a été légèrement plus longue pour les fourrages verts (530 mn) que pour les ensilages (515 mn), mais la durée unitaire de rumination est toujours restée supérieure pour les ensilages :

- 11,11 mn/g pour les ensilages,
- 8,10 mn/g pour les fourrages verts.

La DUR a varié principalement avec l'espèce fourragère et la finesse de hachage des ensilages.

Quel que soit le mode de conservation du fourrage, la luzerne a été beaucoup moins mastiquée, au cours de la rumination, que les graminées, le trèfle se trouvant dans une position intermédiaire. D'autre part, la DUR a augmenté avec la longueur des brins d'ensilage, surtout chez les graminées. C'est ainsi qu'elle a été en moyenne de :

- 16,95 g/mn pour les ensilages de graminées à brins longs,
- 10,53 g/mn " " " " à brins moyens ou courts,
- 9,25 g/mn pour les fourrages verts de graminées.

Cette augmentation de la DUR avec les ensilages à brins longs est due principalement à un pourcentage important de pseudo-rumination ou rumination à vide sans remontée des bols alimentaires. Au niveau de l'enregistrement comportemental, une pseudo-rumination se traduit par une accélération de la fréquence des cycles de rumination et une diminution de l'amplitude des mouvements de mastication de la mâchoire lors du mérycisme, (figure 14).

Figure 15 : RELATION ENTRE LES DUREES UNITAIRES DE RUMINATION

REELLES DES ENSILAGES ET DES FOURRAGES VERTS DE

GRAMINEES .

DUR réelle (ensilage)

$$Y = -0,77 x + 1,257 x^{**}$$

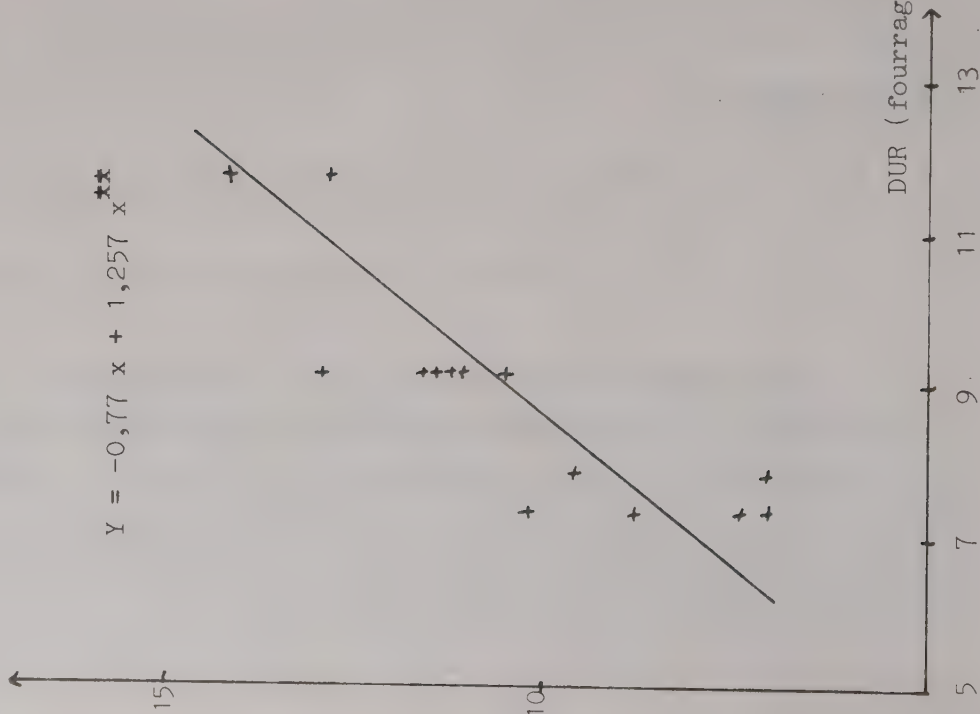


Figure 16 :

LIAISON ENTRE LA DIGESTIBILITE DE LA MATIERE ORGANIQUE

DES ENSILAGES DE GRAMINEES ET LA DUREE UNITAIRE DE

RUMINATION REELLE DE CES ENSILAGES.

DUR réelle

- + Ens. B.L.
- x Ens. B.C.
- Ens. B.M.
- Ens. B.L.h
- Ens. B.M.h

$$Y = 30,078 - 0,287 x^{**}$$

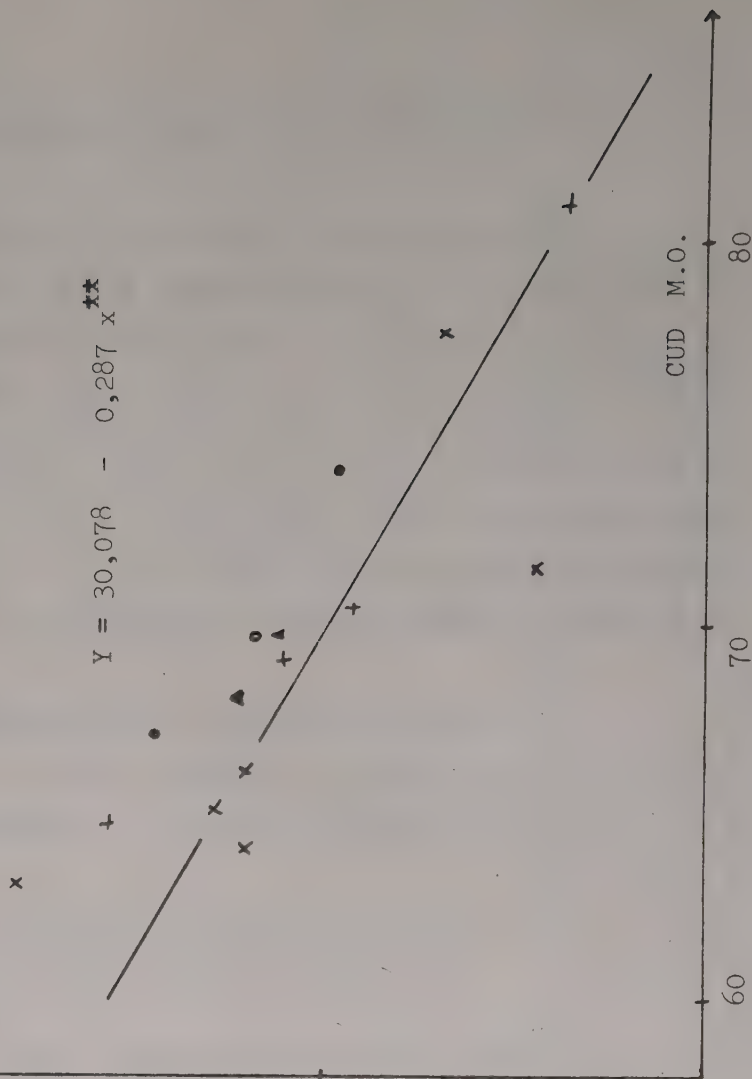
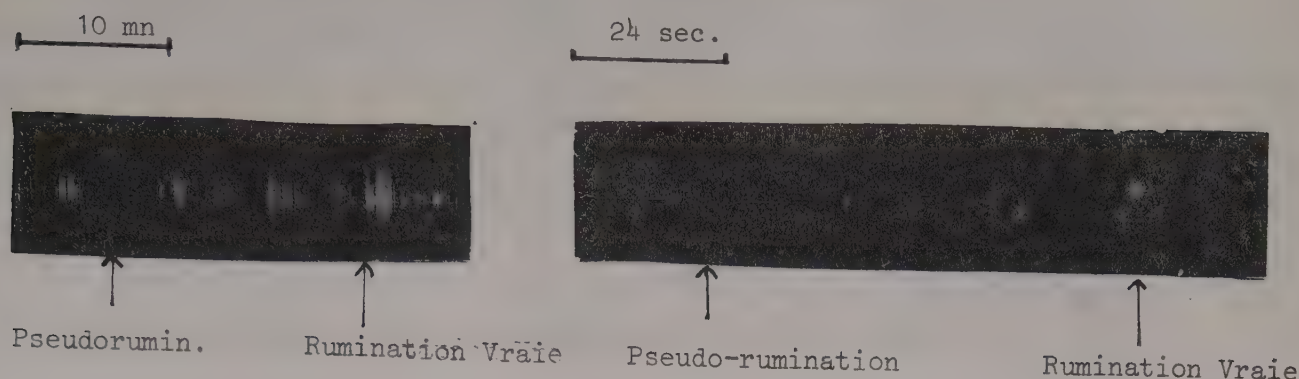


FIGURE 14 : PSEUDO-RUMINATION ET RUMINATION NORMALE



Dès 1952, BALCH avait mentionné la présence, dans le comportement des bovins recevant une ration à base de foin broyé, de "pseudo-rumination", période de rumination composée de pseudo-cycles méryciques caractérisés par des cycles courts (FREER, 1965), sans remontée de bol alimentaire (GORDON, 1958). D'autres auteurs ont constaté les mêmes anomalies sur des ovins avec des régimes de concentré (GORDON, 1958), de foin broyé (WIESER, 1972) ou sur des bovins (FREER, 1965). Ces pseudo-ruminations se sont toujours situées au cours des premières heures suivant la fin du grand repas, de telle manière que le mérycisme redevenait "normal" au cours de la nuit. En enlevant les pseudo-ruminations, les durées unitaires de rumination "réelles" ($\frac{\text{durée de rumination} \times \% \text{ cycles complets de rumination}}{QI}$) ont été considérablement réduites : 10,01 g/mn pour les ensilages de graminées à brins longs (au lieu de 16,95 g/mn sans correction) et voisines de celles obtenues avec les ensilages à brins courts (10,77 g /mn). Elles ne dépendent donc plus de la finesse de hachage des ensilages mais des DUR du fourrage vert (figure 15). On peut donc considérer les DUR réelles comme une caractéristique propre du fourrage et dépendant :

- de l'espèce fourragère : les luzernes ont eu une DUR réelle toujours plus faible (7,19 g/mn) que celle des autres fourrages (10,01 g/mn),

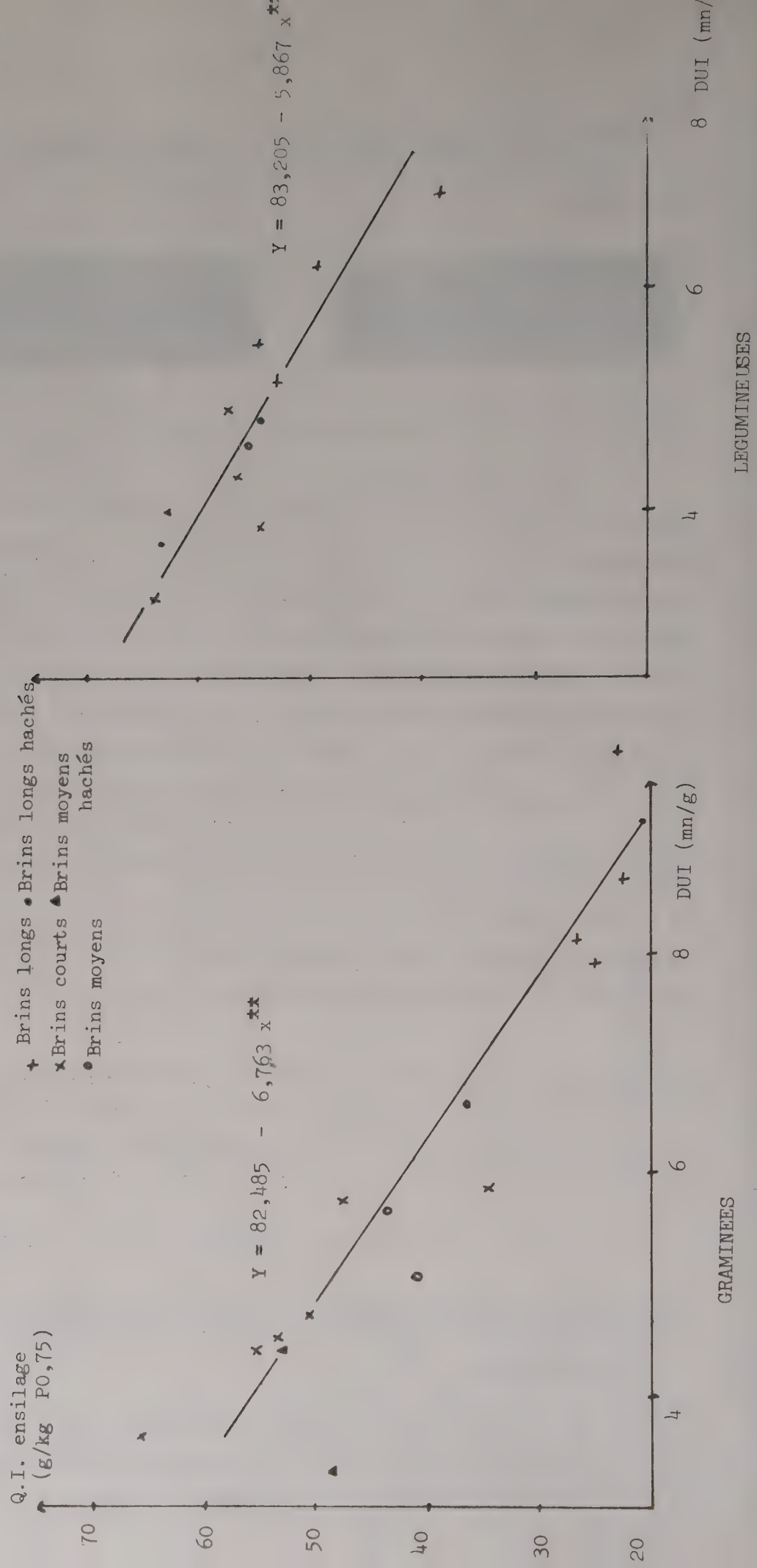
- du stade de récolte : le CUD de la matière organique des graminées (x) a été lié à la DUR réelle (Y) par la droite de régression suivante (figure 16).

$$Y = 30,078 - 0,287 x \quad (r = -0,788^{**}).$$

2°/ Liaisons quantités ingérées - Valeur nutritive et caractéristiques fermentaires des ensilages :

Il n'y a pas eu de relation significative entre les quantités d'ensilage ingérées et la digestibilité de la matière organique, la teneur en matière azotée totale ou en cellulose brute de l'ensilage.

Figure 17 : RELATION ENTRE LA DUREE UNITAIRE D'INGESTION JOURNALIERE ET LES QUANTITES INCEREES D'ENSILAGE



La qualité de conservation des ensilages semble n'avoir eu qu'un rôle peu important sur les quantités ingérées. Il est vrai que l'acide formique a tamponné énormément les différences de qualité de conservation entre les ensilages; seule une liaison négative ($r = -0,620^*$) a été trouvée entre les quantités d'ensilage de graminées ingérées et leur pH.

3°/ Liaison quantités ingérées - paramètres du comportement :

a/ Graminées :

Pour caractériser le comportement alimentaire, 6 paramètres seulement ont été retenus : les quantités ingérées par grands repas, les durées unitaires d'ingestion par jour et par grands repas, le nombre de petits repas, le temps de latence et la durée de rumination. Ils ont tous présenté de fortes corrélations avec les quantités ingérées (tableau 11) .

Tableau 11 : LIAISON QI - PARAMETRES DU COMPORTEMENT SUR GRAMINEES

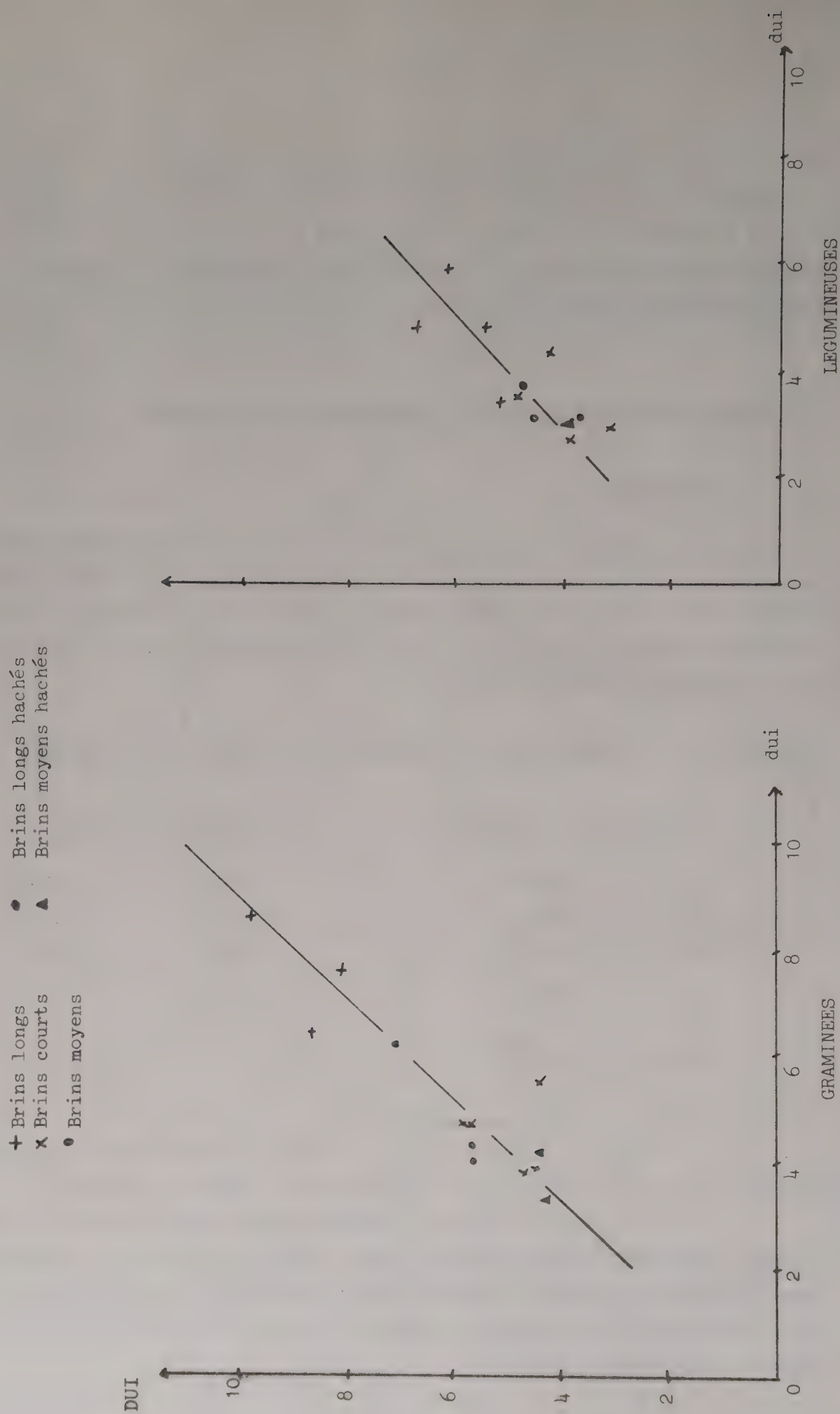
<u>Comportement alimentaire</u>		<u>Comportement mérycique</u>	
qi	0,815 ^{**}	Latence	-0,699 ^{**}
DI	0,483	DR	0,720 ^{**}
DUI	-0,948 ^{**}	DUR _r	-0,207
di	0,210		
dui	-0,782 ^{**}		
npr	0,814 ^{**}		

Nous avons retenu ces paramètres car :

- ils ont présenté les plus fortes variations selon la finesse de hachage des ensilages (durée unitaire d'ingestion, temps de latence),

- ils sont intervenus directement pour fixer le niveau de quantités ingérées (quantité ingérée par grands repas, nombre de repas). La DUI apparaît comme la meilleure variable explicative des quantités d'ensilage ingérées, l'apport d'une 2ème variable explicative ne permet d'ailleurs pas d'améliorer la précision de cette régression (figure 17).

Figure 18 : RELATION ENTRE LES DUREES UNITAIRES D'INGESTION DES ENSILAGES PAR GRAND REPAS ET PAR JOUR.



$$\begin{aligned}
 \text{QI} &= 82,485 - 6,763 \text{ DUI} & r &= -0,948 \quad (n = 15) \\
 \text{QI} &= 81,472 - 8,191 \text{ DUI} + 1,835 \text{ dui} & R &= 0,955 \quad (n = 15) \\
 \text{QI} &= 92,545 - 7,177 \text{ DUI} - 0,015 \text{ DR} & R &= 0,952 \quad (n = 15)
 \end{aligned}$$

Cela est dû au fait que ces variables ne sont pas indépendantes et présentent entre elles des corrélations élevées, comme le montre le tableau suivant (tableau 12).

Tableau 12 : CORRELATION ENTRE LES VARIABLES EXPLICATIVES DU COMPORTEMENT

	qi	DUI	dui	npr	Latence	DR
DR	0,196	-0,362	-0,805**	0,524*	-0,479	1
Latence	-0,425	-0,617*	0,457	-0,596*	1	
npr	0,683**	-0,668**	-0,599*	1		
dui	-0,773**	0,914**	1			
DUI	-0,726**	1				
qi	1					

La DUI a été liée significativement avec les autres variables sauf avec la durée de rumination, mais elle a présenté surtout une corrélation élevée avec la dui ($r = 0,914^{**}$). (Figure 18).

En définitive, les quantités d'ensilage ingérées ont été principalement liées aux durées unitaires d'ingestion journalières ou par grand repas.

b/ Légumineuses :

Pour les ensilages de légumineuses, les quantités ingérées ont été liées de façon significative avec la DUI ($r = -0,893^{**}$) ; mais, pour une même durée unitaire d'ingestion, les ensilages de légumineuses ont été ingérés en plus grande quantité que les ensilages de graminées (figure 17). La liaison quantités ingérées - durée unitaire d'ingestion au cours du grand repas a, elle aussi, été significative ($r = -0,642^*$), les deux durées unitaires d'ingestion étant elles-mêmes liées entre elles par la relation (figure 18).

$$\text{DUI} = 0,889 \text{ dui} + 1,405 \quad r = 0,811^{**} \quad (= 12)$$

II.- ETUDE DU COMPORTEMENT COMPARE DES OVINS ET DES BOVINS

L'étude précédente a uniquement porté sur le comportement des ovins pour lesquels nous possédions beaucoup plus de données. Mais, comme nous l'avons vu au début de ce chapitre, il est difficile d'extrapoler les résultats obtenus aux bovins; Nous avons donc été conduits à effectuer une comparaison très précise du comportement de ces deux espèces, sur 3 ensilages de graminées : un RGI, un RGA et une fétuque.

1°/ Comparaison ensilage - fourrage vert (tableau 13) :

Les quantités ingérées par des ovins ou des bovins, en fonction du type de régime distribué, sont présentées dans le tableau 14.

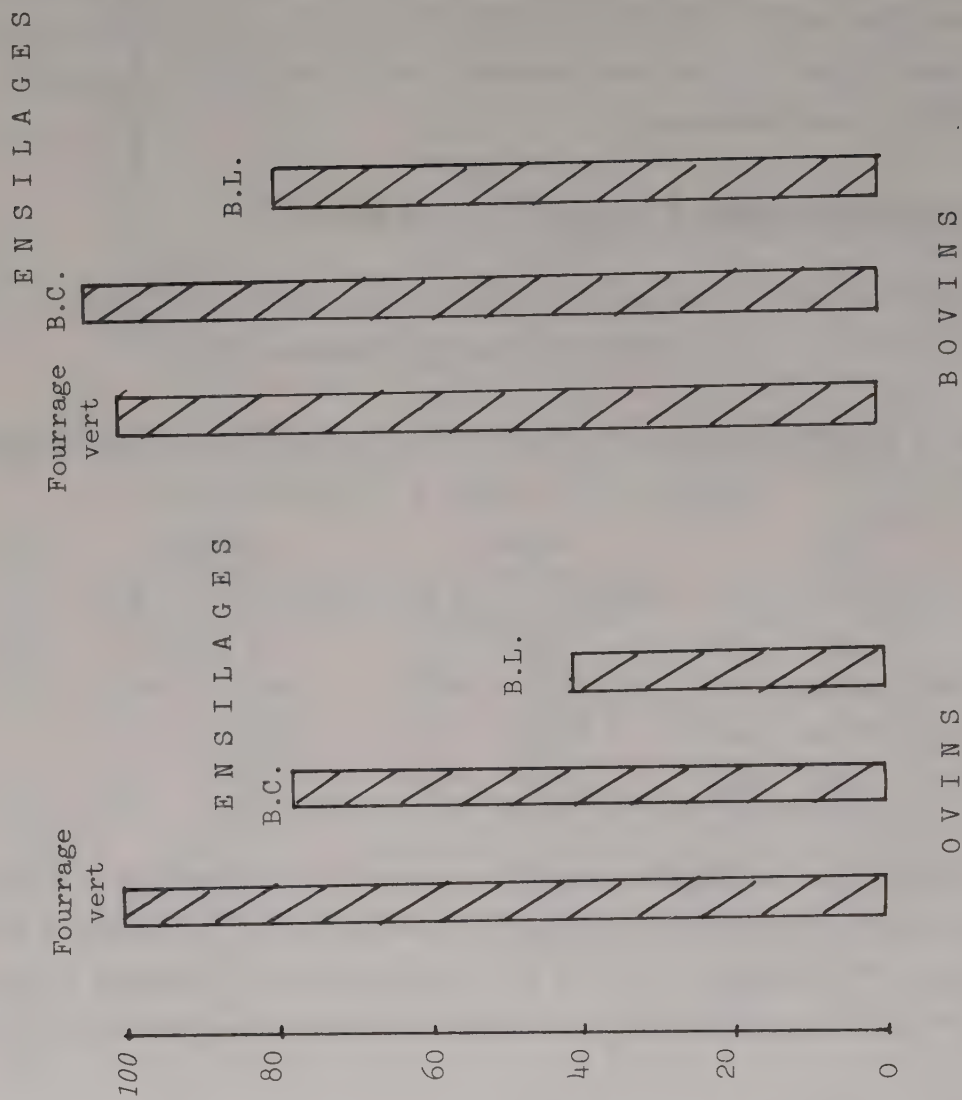
Tableau 14 : QUANTITE D'ENSILAGE INGEREE PAR DES MOUTONS OU DES GENISSES
en g/kg P^{0,75} et en % du fourrage vert

	Moutons		Génisses	
	<u>g/kg P^{0,75}</u>	<u>% F.V.</u>	<u>g/kg P^{0,75}</u>	<u>% F.V.</u>
Fourrage vert	57,3	100	79,8	100
Ensilage à brins courts	45,0	78	83,7	104
Ensilage à brins longs	23,7	41	63,3	79

Par rapport aux quantités de matière sèche ingérées en vert, les quantités de matière sèche ingérées sous forme d'ensilage ont été en moyenne de 92 % pour les génisses, et seulement de 60 % pour les moutons. L'ensilage a donc entraîné une diminution d'ingestibilité plus importante chez le mouton que chez la génisse.

Lors de l'ingestion au cours des grands repas, les génisses n'ont pas présenté le phénomène de rassasiement rapide observé sur les moutons : la consommation d'ensilage par les génisses au cours du grand repas a même été supérieure de 17 % (NS, analyse de variance à 1 voie de classification) à celle du fourrage vert, alors que chez les moutons cette consommation a été diminué de 47 %* (analyse de variance à 1 voie de classification).

Figure 19 : VARIATIONS DU NIVEAU D'INGESTION DES FOURRAGES SUIVANT L'ESPECE ANIMALE CONSIDEREE



La durée journalière d'ingestion des ensilages a été identique à celle des fourrages verts pour les génisses, mais a été plus faible (69 %) chez les moutons.

Quel que soit le mode de conservation des fourrages (ensilage ou fourrage vert) et l'intervalle de temps considéré (la journée ou la durée d'ingestion d'un grand repas), la durée unitaire d'ingestion des fourrages par les génisses est toujours restée inférieure à celle des moutons : 5,60 mn/g contre 6,44 mn/g pour la DUI et 4,05 mn/g contre 5,33 mn / g pour la dui. D'autre part, l'ensilage a entraîné une augmentation un peu plus faible chez les génisses (+16 %), que chez les moutons (+25 %) de cette durée unitaire d'ingestion.

Contrairement aux ovins, les temps de latence sur bovins ont été identiques après les repas du matin et du soir, et ont été en outre beaucoup plus courts : 34 mn chez les bovins contre 85 mn en moyenne chez les ovins. Mais l'augmentation du temps de latence avec les ensilages par rapport au fourrage vert a été plus forte chez les bovins que chez les ovins (tableau 13).

Bien que pour l'ensemble des fourrages (ensilages et fourrages verts), les bovins aient passé plus de temps à ruminer (535 mn) que les ovins (489 mn), les temps rapportés par g de fourrage ingéré sont restés bien inférieurs (7,19 mn/g) à celui des ovins (12,92 mn/g). En outre, l'augmentation de la DUR avec les ensilages par rapport au fourrage vert a été bien plus élevée chez les ovins (48 %) que chez les bovins (10 %).

2°/ Influence de la finesse de hachage des ensilages (tableau 15) :

Le passage des ensilages à brins longs aux ensilages à brins courts a entraîné une augmentation plus importante des quantités journalières d'ensilage ingérées chez le mouton (+62 %) que chez la génisse (+28 %) (figure 19). Parallèlement, nous avons pu observer que :

- la quantité d'ensilage ingérée par grand repas a plus augmenté chez le mouton (+54 %) que chez la génisse (+16 %), et cela parce que d'une part la durée d'ingestion lors des grands repas a augmenté chez le mouton de 14 %, alors qu'elle n'a pas varié chez la génisse, et d'autre part que la dui a plus diminué chez le mouton (-39 %) que chez la génisse (-16 %) ;

Tableau 15 : COMPARAISON ENSILAGE A BRINS LONGS / ENSILAGE A BRINS COURTS

	Nombre	QI (g/kg PO,75)	qi (g/kg PO,75)	DI (mm)	DUI (mn/g)	di (mn)	dui (mn/g)	npr	Latence matin (mn)	Latence soir (mn)	Latence Moyenne (mn)	DR (mn)	DUR (mn/g)	DUR Réelle (mn/g)
OVINS														
Ensilage à brins longs	3	23,7 + 1,4	7,7 + 1,2	200 + 24	8,62 + 1,16	52 + 6	6,93 + 1,47	5,2 + 0,6	97 + 11	150 + 11	124 + 11	398 + 29	16,84 + 1,63	10,53 + 2,15
Ensilage à brins courts	3	45,0 + 9,3	11,9 + 3,6	228 + 40	5,18 + 1,10	50 + 21	4,24 + 0,64	72 + 23	52 + 18	99 + 15	76 + 17	526 + 40	12,12 + 3,19	11,43 + 2,50
Fourrage vert	3	57,3 + 12,9	18,5 + 4,5	309 + 40	5,52 + 1,01	86 + 9	4,82 + 0,85	6,1 + 0,4	38 + 17	73 + 41	56 + 24	542 + 29	9,81 + 1,92	9,59 + 1,93
BOVINS														
Ensilage à brins longs	3	63,3 + 3,5	21,6 + 0,9	416 + 33	6,69 + 0,69	94 + 6	4,37 + 0,06	9,5 + 0,8	53 + 14	48 + 23	50 + 19	507 + 53	8,00 + 0,84	7,18 + 0,91
Ensilage à brins courts	3	83,7 + 6,9	25,1 + 4,7	419 + 84	5,06 + 1,16	93 + 26	3,68 + 0,37	9,6 + 1,0	33 + 12	32 + 16	32 + 14	571 + 66	6,83 + 0,57	6,53 + 0,39
Fourrage vert	3	79,8 + 12,8	19,9 + 3,1	398 + 60	5,05 + 0,89	80 + 16	4,09 + 0,75	8,5 + 1,0	18 + 10	18 + 10	18 + 10	526 + 16	6,74 + 1,29	6,53 + 1,26

- le nombre de petits repas a augmenté chez le mouton (il est passé de 5,2 à 7,2) alors qu'il n'a pas varié chez la génisse (9,5).

Chez ces deux espèces, l'augmentation des quantités ingérées entraînées par la finesse de hachage s'est traduit par une augmentation de la durée de rumination, cette augmentation étant plus importante chez le mouton (+32 %) que chez la génisse (+12 %). Parallèlement le pourcentage de pseudo-rumination a aussi diminué, mais de façon plus importante chez le mouton que chez la génisse : il passe de 38 % à 6 % chez le mouton, et de 11 % à 5 % chez la génisse.

3°/ Mastication alimentaire et mérycique chez les ovins et les bovins (tableau 16) :

Nous avons toujours considéré, jusqu'à maintenant, la durée d'ingestion (ou la durée de rumination) globalement, or cette notion ne correspond pas tout à fait à la réalité car l'animal ne mastique pas de façon continue, au cours d'un repas ou d'une période de rumination. En effet, une partie du temps passé à ingérer est consacré à la recherche ou au tri de l'aliment, d'autre part, au cours de l'activité mérycique, l'animal ne mastique son bol qu'entre 2 périodes de régurgitation. Il nous a donc paru intéressant d'étudier, de façon plus précise, le temps réellement passé par l'animal à mastiquer un fourrage.

* au cours de l'ingestion :
.....

En début de repas, les moutons ont passé environ 40 % de leur temps à trier les aliments contre 15 % pour les génisses. Le type de fourrage proposé (espèce fourragère, finesse de hachage des ensilages) n'a pas eu d'influence sur ce facteur. Le nombre de coups de mâchoire par unité de temps a été significativement ($P < 0,05$) plus élevé chez les ovins = 120,0 coups de mâchoire / mn que chez les bovins : 92,4 coups de mâchoire/mn .

Il est possible de calculer le nombre de coups de mâchoire/g de fourrage ingéré par la formule suivante :

$$\frac{\text{DI (100 - \% recherche)} \times \text{nombre de coups de mâchoire /mn}}{\text{QI (g/jour)}}$$

Tableau 16 : MASTICATION ALIMENTAIRE ET MERYCIQUE SUR ENSILAGE

	Nom- bre	INGESTION			RUMINATION					Mastica- tion
		D'Ir	Mast/ mn	Mast/g fourrage	Durée d'un cycle Mast.	Inter- cycle	mérycique (mn) Cycle	Mast/ mn	Mast./g Fourrage	
OVINS	8	133 ±	116,4 ±	36,4 ±	38,7 ±	11,5 ±	50,2 ±	81,0 ±	39,6 ±	76,0 ±
		35	13,2	11,3	3,8	3,9	6,8	11,4	13,1	25,9
	8	147 ±	123,6 ±	22,2 ±	43,1 ±	7,3 ±	50,4 ±	93,6 ±	51,5 ±	73,8 ±
		52	9,6	3,7	7,7	1,4	8,2	12,0	6,3	7,3
BOVINS	10	369 ±	87,6 ±	7,3 ±	42,7 ±	4,9 ±	47,6 ±	73,8 ±	6,8 ±	14,2 ±
		57	8,4	1,5	1,5	0,9	2,2	7,8	1,6	2,6
	10	393 ±	96,6 ±	6,4 ±	46,0 ±	4,8 ±	50,8 ±	81,0 ±	6,3 ±	12,7 ±
		33	11,4	0,9	4,1	1,2	4,2	7,8	1,4	1,7

D'Ir = Durée d'ingestion réelle = DI (100 - % recherche de l'aliment)

Mast/mn = nombre de coups de mâchoire pendant 1 minute.

Mast/g fourrage = nombre de coups de mâchoire par g de fourrage ingéré.

Certes, la valeur obtenue par cette formule n'est qu'une approximation car les deux paramètres : % recherche et nombre de coups de mâchoire varient en fonction du temps (expérience préliminaire et GILL, 1966) et les mesures ont été faites seulement en début de repas. Lors de l'ingestion, les ovins ont mastiqué leurs aliments beaucoup plus intensément (29,9 coups de mâchoire / g de fourrage ingéré) que les bovins (6,9 coups de mâchoire / g de fourrage ingéré); d'autre part, ce nombre de coups de mâchoire qui était de 36,4 avec l'ensilage à brins longs est passé à 22,2 avec l'ensilage à brins courts chez les ovins, soit une diminution d'environ 47 %** (analyse de variance à 1 voie de classification), alors que la diminution n'a pas été significative chez la génisse (de 7,3 à 6,4 coups de mâchoire/g de fourrage ingéré).

* Lors de la rumination :
.....

Les durées du cycle mérycique des ovins et des bovins recevant une ration d'ensilage d'herbe ont été pratiquement identiques, respectivement 50,3 mn et 49,2 mn. Mais l'inter-cycle qui correspond au temps nécessaire pour qu'un bol soit avalé et que le bol suivant soit régurgité suivant la définition donnée par BALCH (1958), a été plus long chez les ovins (9,4 mn) que chez les bovins (4,8 mn). Chez les ovins, la longueur de l'intercycle a augmenté avec l'ensilage à brins longs, cette augmentation étant principalement due à la présence de pseudo-ruminations, dont la durée des intercycles est le plus souvent supérieure à 9 sec.

Nous n'avons pas mesuré la vitesse de mastication mérycique au cours de la journée, mais RUCKEBUSCH (1972) a montré qu'elle était stable tout au long du nycthémère. Comme lors de l'étude de l'ingestion, le nombre de coups de mâchoire/ g de fourrage ingéré a été plus élevée chez les ovins (45,5) que chez les bovins (6,5). De plus, les animaux n'ont pas réagi de la même manière aux variations de longueur des brins de l'ensilage : alors que les génisses ont effectué le même nombre de coups de mâchoire que les ensilages soient à brins longs ou courts, les moutons ont augmenté de 26 %* leur nombre de coups de mâchoire/g de fourrage avec l'ensilage à brins courts (39,6 à 51,5).

En définitive, par g d'ensilage ingéré, les moutons ont effectué beaucoup plus de coups de mâchoire que les génisses, comme le montre le tableau suivant :

Nombre de coups de mâchoire/g de four- rage ingéré	Mouton	Génisse
Ensilage à brins courts	73,8 $\pm$ 7,3	12,7 $\pm$ 1,7
Ensilage à brins longs	76,0 $\pm$ 25,9	14,2 $\pm$ 2,6

Globalement, on peut constater dans ce tableau que la finesse de hachage a peu modifié le nombre de coups de mâchoire / g de fourrage ingéré quelle que soit l'espèce animale (différence non significative) mais que les ovins ont réagi différemment aux variations de longueur de brins des ensilages :

- dès l'ingestion du fourrage, ils ont compensé l'augmentation de la taille des brins des ensilages par une augmentation du nombre de coups de mâchoire,
- mais au niveau de la mastication mérycique, le phénomène a été renversé, et les ensilages à brins courts ont été plus mastiqués que les ensilages à brins longs.

Tableau 17 : INFLUENCE DU MODE DE CONSERVATION DES FOURRAGES SUR LE COMPORTEMENT ALIMENTAIRE ET MERYCIQUE

AUTEURS	Nombre de petits repas	Rations	Animaux	Q I (g/kg P ^{0,75})	DI (mn)	DUI (mn/g)	DR (mn)	DUR (mn/g)
CAMPLING (1966)	4	Foin	Vaches	85,5	299	3,50	580	6,78
LUCCI (1969)	1	Ensilage	Taurillons	70,4	318	4,52	542	7,70
		Foin		60,8	339	5,57	541	8,90
		Ensilage		55,2	366	6,63	549	9,94
MOYENNE		Ensilage (% foin)	Bovins	85	107	122	97	112
DULPHY (1971)	51	Fourrage vert	Moutons	64,7	297	4,59	516	7,97
		Ensilage		46,4	242	5,21	488	10,51
MOYENNE		Ensilage (% F.V.)	Ovins	71	81	113	94	131

Tableau 18 : INFLUENCE DE LA FINESSA DE HACHAGE DES ENSILAGES SUR LE COMPORTEMENT ALIMENTAIRE ET MERYCIQUE

AUTEURS	Nombre de petits repas	Rations	Animaux	Q I (g/kg P ^{0,75})	DI (mn)	DUI (mn/g)	DR (mn)	DUR (mn/g)
DUCKWORTH (1958)	1	Ens. à R.C. Ens. à B.L.	Génisses	87,5 93,9	185 200	2,11 2,13	515 533	5,88 5,67
DULPHY (1973)	6	Ens. à B.C.	Moutons	57,2	239	4,19	525	9,19
		Ens. à B.L.		38,1	218	5,84	388	10,28
WILSON (1974)	1	Ens. à B.C.	Taurillons	70,0	390	5,57	516	7,37
		Ens. à B.L.		72,8	438	6,02	528	7,25

C/ DISCUSSION

Les quantités de fourrage (ensilage ou fourrage vert) ingérées par les bovins ($75,6 \text{ g/kg P}^{0,75}$) sont toujours restées supérieures à celles ingérées par les ovins ($42,0 \text{ g/kg P}^{0,75}$) ; des résultats analogues avaient déjà été enregistrés par BLAXTER (1966), DEMARQUILLY et WEISS (1973), GREENALGH (1973) sur d'autres régimes. Mais la différence de consommation entre ces deux espèces animales a été beaucoup plus forte pour les ensilages ($39,2 \text{ g/kg P}^{0,75}$) que pour les fourrages verts ($22,5 \text{ g/kg P}^{0,75}$), car les quantités d'ensilage ingérées par les moutons ont été beaucoup plus faibles que celles des fourrages verts, alors que les quantités d'ensilage ingérées par les génisses ont été très voisines des quantités ingérées en vert, du moins pour les ensilages à brins courts conservés à l'acide formique. Cela est vraisemblablement dû à la très bonne qualité de conservation de ces ensilages, étant donné l'apport d'acide formique, car de nombreux auteurs CAMPLING (1966) , LUCCI (1969) et DULPHY (1971) ont montré que l'ingestibilité des ensilages était en général bien inférieure à celle de la plante sur pied, quelle que soit l'espèce animale considérée (tableau 17).

D'autre part, les quantités d'ensilage ingérées par les ovins ont été très variables entre elles, suivant l'espèce fourragère et le type de machine de récolte utilisé ; elles ont été beaucoup plus faibles avec les graminées qu'avec les légumineuses, et avec les ensilages à brins longs qu'avec les ensilages à brins courts ; les bovins ont, eux aussi, été sensibles aux différences de finesse de hachage des ensilages, mais la diminution d'ingestibilité entraînée par l'ensilage à brins longs a été beaucoup moins importante que chez les ovins, comme l'avaient montré DUCKWORTH (1958), DULPHY (1973) et WILSON (1974) (tableau 18).

Pour tenter d'expliquer ces différences de quantités ingérées suivant la nature des fourrages offerts (fourrages verts et ensilages) et la finesse de hachage de l'ensilage, nous avons cherché à savoir comment les animaux réagissaient face à un apport d'ensilage, et à déceler d'éventuelles anomalies en comparant le comportement alimentaire et mérycique des animaux recevant de l'ensilage à ceux recevant du fourrage vert.

Lors des repas faisant suite aux distributions de fourrage, les moutons se sont arrêtés de manger après avoir consommé une quantité d'ensilage très inférieure à celle consommée avec le fourrage vert correspondant. Les moutons recevant des ensilages sont donc rapidement rassasiés. Ce rassasiement rapide semble être à l'origine de la faible ingestion des ensilages par le mouton ; en effet, la diminution des quantités ingérées lors des grands repas avec les ensilages par comparaison aux fourrages verts représente à elle seule 91 % de la différence entre la quantité journalière de fourrages verts et d'ensilage ingérée pour les graminées et 110 % pour les luzernes.

La première hypothèse venant à l'esprit pour expliquer ce rassasiement rapide est que les métabolites fermentaires apportés par l'ensilage mobilisent, lors de l'ingestion, les chimiorécepteurs du rumen induisant ainsi un état de satiation à très court terme. Cependant les quantités d'acides gras volatils ingérées au cours des grands repas par les moutons ont été très variables :

- 5,32 (2,10 - 10,28) g/animal avec les ensilages de graminées (C.V. = 45 %),
- 11,12 (4,67 - 17,00) g/animal avec les ensilages de légumineuses (C.V. = 42 %).

ce qui n'est guère compatible avec une régulation à très court terme. D'autre part, dans le cas d'un contrôle de type chimio-statique, pourquoi les génisses n'ont-elles pas été soumises à ce même processus rapide de rassasiement ? Cette hypothèse apparaît donc comme peu probable.

Plutôt qu'un contrôle de type chimio-statique n'y aurait-il donc pas :

- soit un contrôle de type "physique" faisant intervenir la vitesse de digestion des fourrages, et la vitesse de transfert des particules hors du rumen,
- soit un contrôle de type " oropharyngé", dans lequel interviendraient en particulier les organes sensoriels.

C'est ce que nous nous proposons d'étudier dans les essais mis en place ultérieurement et présentés au cours de la 2ème et 3ème partie de ce travail.

L'augmentation de la longueur des brins des ensilages entraîne une augmentation de la durée unitaire d'ingestion ; le nombre de coups de mâchoire / g de fourrage ingéré au cours du repas a donc été beaucoup plus élevé, chez les ovins, avec les ensilages à brins longs qu'avec les ensilages à brins courts. Il est alors possible que les différences de longueur entre les particules issues de différents ensilages soient réduites, de façon non négligeable, dès l'ingestion mais cette hypothèse reste à vérifier (2ème partie) puisque nous ne connaissons pas l'efficacité de la mastication sur la taille des particules.

L'ingestion d'ensilage à brins longs a aussi entraîné de profondes perturbations du comportement mérycique des ovins : augmentation du temps de latence et présence de nombreuses "pseudo-ruminations". Ces perturbations peuvent avoir une double origine : - soit de longues particules sont ingérées lors du repas et leur présence dans le rumen pose des problèmes d'homogénéisation du contenu ruminal (PEARCE, 1965) et de régurgitation de ces longues particules par le mouton (WELCH, 1970-71). Dans ce cas, la moindre sensibilité des génisses à l'ingestion d'ensilage à brins longs pourrait être expliquée par la taille plus importante de leurs compartiments gastriques, ou plutôt des voies de communication entre ces compartiments (cardia et orifice reticulo-omasal). En effet, d'après les résultats de WELCH (1970-1975) et de GREENALGH (1973), il existe une longueur critique des particules pour franchir l'orifice reticulo-omasal; celle-ci dépend de la taille des animaux et est probablement plus élevée pour les bovins que pour les ovins ; - soit, étant donné l'importance de la mastication avec les ensilages à brins longs, une trop grande quantité de petites particules est présente dans le contenu ruminal et ne peut arriver à stimuler normalement la rumination (PEARCE, 1965). Il se produirait alors un processus analogue à celui qui a déjà été observé par GORDON (1958) , FREER (1965) et WIEBER (1972) avec des fourrages broyés ou des aliments concentrés.

Ces deux hypothèses proposées pour expliquer les modifications du comportement alimentaire et mérycique des ovins recevant des ensilages à brins longs, apparaissent donc contradictoires. Il est alors nécessaire d'étudier l'efficacité de la mastication lors de l'ingestion et la taille des particules dans le rumen suivant que les animaux reçoivent des ensilages à brins longs ou à brins courts. C'est ce que nous nous proposons de faire dans la suite de ce travail.

2ème PARTIE : INFLUENCE DE LA STRUCTURE PHYSIQUE DES ENSILAGES SUR LES CARACTERISTIQUES DES CONTENUS DIGESTIFS.

Des fourrages de même digestibilité mais différents par leur famille botanique (légumineuses ou graminées), leur mode de conservation (fourrage vert, ensilage ou foin) ou leur finesse de hachage dans le cas des ensilages peuvent être ingérés en quantité différente si leur vitesse de digestion dans le rumen et notamment le temps nécessaire à leur réduction en particules suffisamment fines pour quitter le rumen est différente. Le temps nécessaire à la réduction dans le rumen des membranes végétales en fines particules dépend lui-même de 2 facteurs :

- l'activité propre des micro-organismes du rumen, en particulier des bactéries cellulolytiques,
- la résistance qu'opposent les membranes à cette réduction en fines particules sous l'action conjuguée des micro-organismes du rumen et de la mastication.

Nous avons donc effectué une série d'essais pour comparer des fourrages verts et des ensilages de finesse de hachage différente, et nous avons étudié :

- leur vitesse de digestion dans le rumen (exp. 2),
- la réduction de la taille des particules dans les contenus digestifs et dans les bols alimentaires (exp. 3 et 4).

De plus, pour avoir une estimation de la vitesse de transit des aliments dans le tube digestif, et plus particulièrement de la vitesse de vidange du rumen, nous avons mesuré le poids respectif des différents contenus digestifs (exp. 3 et 4).

A/ MATERIEL ET METHODES

I.- ETUDE DES VITESSES DE DIGESTION DANS LE RUMEN (Exp. 2) :

★ Trois fourrages verts, deux fétuques élevées (variété Lutine et Ludelle) et un ray grass italien (Variété Tétrone) ont été récoltés en 1970 pour la première fétuque, et en 1973 pour les deux autres espèces. A partir de chacun d'eux, on a préparé deux ensilages, l'un récolté avec une ensileuse à fléaux (brins longs) et l'autre avec une ensileuse à couteaux (brins courts). Tous les ensilages ont

COMPOSITION CHIMIQUE ET CARACTERISTIQUES FERMENTAIRES DES FOURRAGES VERTS ET DES ENSILAGES ETUDIES

	Espèce	Variété	Cycle	Longueur des brins	% MS	CUD MO	(M.M. M.S.)	C.B.	pH	(g/kg Acide lactique	M.S.) A.G.V.	(%) N-NH ₃ / N T
FOURRAGES VERTS	Fétuque 1970	Lutine	1		17,6	66,1	11,7	13,9	29,9			
	Fétuque 1973	Ludelle	1	brins longs brins courts	13,4 17,7	61,1	11,2 11,0	11,5 11,6	34,1 33,1			
	RGI 1973	Tétrone	2	brins longs brins courts	16,3 16,3	65,5	15,2 10,6	12,7 12,3	29,6 31,5			
	RGI 1973	Tétrone	3	brins longs brins courts	23,7 20,5	73	9	11	21			
ENSILAGES	Fétuque 1970	Lutine	1	brins longs brins courts	18,7 18,7	63,7 66,3	16,6 11,1	9,5 11,4	37,2 34,6	5,3 3,8	6,6 94,7	32,0 6,5
	Fétuque 1973	Ludelle	1	brins longs brins courts	17,6 20,1	64,7 63,1	10,1 9,4	13,1 11,3	34,3 32,4	4,55 4,10	24,1 52,5	15,70 8,62
	RGI 1973	Tétrone	2	brins longs brins courts	20,3 20,0	69,1 64,8	14,4 9,1	10,2 10,8	29,1 30,5	4,00 4,00	67,11 43,67	7,14 6,84
	RGI 1975	Tétrone	3	brins longs brins longs hachés brins courts	29,3 30,4 26,9	- - -	10,4 10,4 10,5	13,3 13,3 13,7	30,0	4,90 4,90 4,25	8,55 8,55 52,04	6,61 6,61 8,31

reçu 3,5 l. d'acide formique par tonne au moment de la mise en silo ; leurs caractéristiques sont rapportées au tableau 19.

* La méthode d'étude cinétique de la digestion dans le rumen a été décrite par DEMARQUILLY et CHENOST (1969). Pour mesurer l'activité cellulolytique du jus de rumen suivant la nature du fourrage ingéré par l'animal, il est nécessaire d'utiliser un substrat standard ; nous avons choisi la paille d'avoine : 3 sachets de nylon, contenant de la paille d'avoine broyée, ont été incorporés dans chaque série de mesure. Pour l'étude de la cinétique de digestion des fourrages proprement dits, 3 g de matière sèche environ de chaque fourrage, séchés pendant 24 heures à l'étuve (80° C) et broyés à la grille de 0,8 mm, sont placés dans un sachet, puis introduits après le repas dans le rumen, par l'intermédiaire d'une fistule. Ils sont retirés au bout de 13 heures, ou de 48 heures, pour suivre la vitesse de disparition de la matière sèche ; dès leur sortie du rumen, ils sont lavés, puis ils séjournent 48 heures dans une solution acide de pepsine (amélioration du lavage) et sont de nouveau lavés, avant d'être séchés et pesés. Le pourcentage de matière sèche disparue des sachets est appelé digestibilité 13 heures ou 48 heures.

* Les animaux porteurs d'une fistule du rumen utilisés pour cette étude, étaient 2 bouvillons de 250 kg pour la fétuque Lutine et deux moutons de 55 kg environ pour les autres variétés. Les fourrages étaient distribués en 2 repas/jour à 8 h. et à 16 h., et les sachets étaient placés à 9 h. après une période de mise en régime pour l'animal de 10 jours au minimum. Le plan d'étude est rapporté au tableau 20.

Il est à noter que toutes les matières sèches ont été faites après séchage à l'étuve (t = 80°C) et les chiffres obtenus ont été corrigés, dans le cas des ensilages, pour les pertes en matières volatiles suivant la formule :

$$Dc = \frac{D + (fc - 1) \times 100}{fc}$$

avec fc = Facteur de correction (mode de calcul dans la 1ère partie)

D = vitesse de digestion

Dc = vitesse de digestion corrigée.

Tableau 20 : *PLAN D'ETUDE DES DIGESTIBILITES EN SACHETS*

FOURRAGES	Nature du fourrage ingéré par les animaux	Animaux	Nbre sachets /animal	Nbre sachets /fourrage
FOURRAGE VERT	Fétuque 1970	2	3	6
	Fétuque brins longs	1	2	4
	1973 brins courts	1	2	
	R.G.I. brins longs	1	2	4
	1973 brins courts	1	2	
ENSILAGE	Fétuque brins longs	2	2	4
	1970 brins courts	2	2	4
	Fétuque Brins longs	2	4	8
	1973 Brins courts	2	4	8
	R.G.I. Brins longs	2	4	8
	1973 Brins courts	2	4	8

II.- ETUDE DES CONTENUS DIGESTIFS, DE LA TAILLE DES PARTICULES DE CES CONTENUS
ET DES BOLS ALIMENTAIRES (Exp. 3) :

* Fourrages et animaux :

Nous avons utilisé :

- 2 fourrages verts à brins longs et à brins courts obtenus à partir d'un R.G.I. (variété Tétrone) récolté au 3ème cycle, avec une machine à fléaux ou à couteaux,

- et 4 ensilages de R.G.I. et de fétuque identiques à ceux utilisés pour l'expérience précédente.

Leurs caractéristiques sont rapportées au tableau 19.

Nous avons travaillé soit sur des brebis, pesant de 50 à 60 kg, soit sur un mouton (mâle castré de race Texel), pesant 35 kg, et porteur d'une fistule de l'oesophage permettant de prélever des bols alimentaires. Ces animaux recevaient les fourrages ad libitum (10 p.100 de refus) en deux distributions par jour (8 h. et 16 h.).

* Mesure du poids des contenus digestifs :

Chaque fourrage a été distribué à un lot de 5 brebis, les animaux étaient adaptés à leur régime pendant 12 jours puis ils étaient abattus soit 2 h. (pour 2 brebis), soit 4 heures (pour 3 brebis de chaque lot) après la distribution du repas. Le tube digestif a alors été séparé en 5 compartiments : rumen, feuillet, caillette, gros intestin et intestin grêle, sur lesquels nous avons effectué les mesures suivantes:

- pesée du compartiment plein,
- pesée du compartiment vide, d'où le calcul du poids du contenu frais,
- détermination de la teneur en matière sèche du contenu, d'où le calcul du poids du contenu sec.

A partir de ce poids, nous avons essayé de calculer le temps de rétention des ingesta dans le rumen, comme l'avaient fait MINSON (1966) et WALDO (1966), à partir des quantités ingérées.

$$\begin{array}{l} \text{temps de séjour moyen} \\ \text{dans le rumen (en jours)} \end{array} = \frac{\text{contenu ruminal sec (g/kg P}^{0,75}\text{)}}{\text{M.S.I. (g/kg P}^{0,75}\text{/jour)}}$$

De plus, pour éliminer les variations journalières sur les contenus, les abattages ont été faits 2 à 4 heures après la distribution du fourrage, c'est-à-dire au cours d'une période où le poids du contenu digestif reste relativement constant (DULPHY, 1975).

* Analyse granulométrique des contenus du rumen et du feuillet :

Sur le contenu du rumen et du feuillet de chacun des animaux abattus précédemment, nous avons fait une analyse granulométrique en utilisant la méthode de séparation des particules mise au point par E. GRENET en 1966. Après avoir déterminé en double la teneur en matière sèche des échantillons, on prélève 5 g de contenu, qui est mis à tremper dans un cristallisateur avec 60 ml d'eau environ (additionnée de 2 à 3 gouttes de Teepol pour éviter les fermentations) pendant 24 heures, à température ambiante, pour faciliter la dispersion et la séparation des particules. Le produit est ensuite tamisé en milieu liquide sur 6 tamis à maille d'ouverture respective : 1,25 mm - 1,00 mm - 0,40 mm - 0,160 mm - 0,100 mm - 0,050 mm, à l'aide d'une tamiseuse électro magnétique Fritsch, équipée d'un couvercle avec tête à douche et d'un bac de récupération. Ce tamisage est effectué pendant 20 mn environ, réparties en période de 5 mn, avec une amplitude de vibration de 3 mm et une fréquence de 3000 périodes par mn. Entre chaque période de tamisage, les particules retenues par le tamis de maille d'ouverture 1,25 mm sont étalées régulièrement sur celui-ci à l'aide d'une spatule, afin d'obtenir une bonne répartition des particules sur toute la surface du tamis. L'arrivée d'eau est ouverte à 3 reprises de façon à arroser les tamis avec 1,5 l d'eau à chaque fois ; cette eau d'arrosage est recueillie dans des béciers de 2 litres. A la fin du tamisage la récupération des particules sur chaque tamis est effectuée à l'aide d'un jet de pissette remplie d'eau, puis le liquide contenant les particules en suspension est filtré sur un büchner garni d'un rond de papier filtre sans cendres. La quantité retenue par chaque tamis est séchée à l'acétone, puis transvasée dans un cristallisateur, l'ensemble filtre + cristallisateur ayant été préalablement tarés. Les particules qui n'ont pu être récupérées sur les tamis, sont alors brossées quand ces tamis sont secs, à l'aide d'un fin pinceau et replacées dans le cristallisateur contenant les particules correspondant à chaque tamis. Enfin, elles sont séchées à l'étuve à 80°C pendant 48 heures, puis pesées. L'eau d'écoulement contenant les particules les plus fines (< 0,05 mm en suspension est filtrée sur 4 filtres (2 x 2) plissés et tarés. La quantité retenue par ces filtres est séchée comme précédemment. Une quantité très variable de la matière sèche de

l'échantillon du départ (de 1 à 20 %) est perdue au cours de l'analyse granulométrique, elle correspond aux produits solubles dans l'eau. Chaque résultat est une moyenne de 2 mesures réalisées sur un même échantillon. Nous avons exprimé la taille moyenne des particules de chaque échantillon étudié par un indice de finesse, calculé à partir de la formule suivante (exemple de calcul, annexe 1) :

$$\sum (\text{maille d'ouverture du tamis} \times \% \text{ des particules retenues sur ce tamis}).$$

Nous avons ainsi obtenu une estimation par défaut de la taille réelle. Pour avoir une idée plus précise de l'importance des grandes particules dans le contenu ruminal, nous avons été amenés à réaliser une étude complémentaire sur la fraction dont la taille était supérieure à 1,25 mm. Nous avons utilisé la même méthode de fractionnement que précédemment, mais seule la quantité retenue par le tamis de maille d'ouverture 1,25 mm a été récupérée dans un bécher, puis étalée brins par brins sur une feuille et photographiée.

* Analyse granulométrique des bols alimentaires :

D'après les résultats de GILL (1966) sur la mastication au cours de l'ingestion, nous savons que :

- les variations individuelles sont très importantes lors de l'étude des bols alimentaires et que,

- la réduction de la taille des particules ne se fait pas uniformément au cours du repas : elle est plus forte au début du repas, puis diminue avec le temps. Il nous a donc paru nécessaire de fixer des conditions expérimentales strictes, pour limiter les variations dues à des facteurs autres que la nature des fourrages étudiés. Il faut pour cela :

- utiliser le même animal pour tous les fourrages : le mouton fistulé de l'oesophage a reçu les 4 ensilages mentionnés précédemment; ceux-ci étaient distribués à 8 h. et à 16 h. pendant 3 semaines chacun,

- effectuer le prélèvement des bols alimentaires toujours à la même heure au début des premiers grands repas de la journée. Quant aux bols méryciques, ils étaient prélevés 2 à 3 heures plus tard, au cours de leur remontée ou de leur descente dans l'oesophage. La sortie des bols de l'oesophage était facilitée en introduisant une spatule dans la fistule. Après avoir été recueilli dans un plateau, ces bols ont été pesés et un échantillon a été conservé à -15°C pour l'étude granulométrique. Les prélèvements n'ont pas perturbé le comportement alimentaire de l'animal puisque les quantités d'ensilage ingérées ont été sensiblement identiques à celles ingérées par un mouton de même poids, mais non muni d'une fistule.

Pour déterminer la taille des particules dans les bols alimentaires, la technique de tamisage utilisée précédemment reste valable, mais elle pose cependant un problème : la présence de salive gêne la dispersion des particules au sein du milieu liquide. Aussi certains auteurs (GILL, 1966 - THOMSON, 1972) ont préféré faire précéder le tamisage proprement dit d'une extraction à l'alcool, qui a pour rôle de dissoudre la salive. Mais cette extraction présente certains inconvénients : l'alcool, en dissolvant la salive, dissout aussi les pigments et les lipides des végétaux, rendant ainsi les feuilles plus fragiles et plus cassantes (THOMSON, 1972), ce qui peut fausser les résultats granulométriques. Il nous a donc semblé préférable d'utiliser, là aussi, la méthode de séparation des particules de E. GRENET, en prélevant 10 g de fourrage pour les bols alimentaires à l'ingestion et 15 g pour les bols alimentaires à la rumination.

III.- ETUDE DES CONTENUS DE RUMEN ET DE LA TAILLE DES PARTICULES DE CES CONTENUS

(exp. 4) :

* Fourrages et animaux :

A partir d'un troisième cycle de ray-grass italien, récolté en 1975 au stade pleine épiaison, nous avons préparé deux ensilages l'un coupé à la motofaucheuse (brins longs), l'autre récolté avec une ensileuse à couteaux (brins courts) ; la longueur des brins de l'ensilage à brins longs a été bien supérieure (40 cm) à celle des ensilages à brins longs réalisés précédemment (5-10 cm). Ces deux ensilages ont reçu 3,5 l. d'acide formique par tonne de fourrage vert au moment de la mise en silo. Leurs caractéristiques fermentaires sont rapportées au tableau 19.

Nous avons utilisé 9 moutons (mâles castrés de race Texel), pesant en moyenne 80 kg, et répartis en 3 lots, l'un recevant l'ensilage à brins courts, l'autre l'ensilage à brins longs et le troisième l'ensilage à brins longs préalablement haché dans un hache paille (la longueur de ce dernier ensilage étant intermédiaire entre les 2 précédents). Les animaux étaient adaptés à leur régime pendant 12 jours, puis ils étaient abattus 2 heures après la distribution du repas du matin. Comme précédemment, nous avons mesuré le poids du contenu ruminal et calculé le temps de rétention des digesta dans le rumen.

Tableau 21 : DIGESTIBILITE DE LA MATIERE SECHE EN SACHETS.

FOURRAGE	Digestibilité du substrat		Digestibilité de la paille		Q.I. (g/kg _{P0,75})
	13 h.	48 h.	13 h.	48 h.	
<u>FETUQUE</u>					
Fourrage vert	54,42	82,35	33,73	69,41	58,0
Ens. à B.L.	48,03	72,17	28,82	60,42	29,7
Ens. à B.C.	47,29	75,06	27,53	61,10	54,0
<u>R.G.I.</u>					
Fourrage vert	62,66	75,81	34,01	66,52	61,0
Ens. à B.L.	54,57	74,18	33,13	66,82	22,6
Ens. à B.C.	53,55	76,15	29,41	63,72	47,5
<u>FETUQUE</u>					
Fourrage vert	58,46	73,46	30,78	62,61	42,9
Ens. à B.L.	41,05	73,42	30,14	59,94	23,2
Ens. à B.C.	49,82	74,25	28,48	63,80	34,7
MOYENNE					
Fourrage vert	58,51	77,20	32,84	66,18	54,0
Ensilage à brins longs	47,88	73,25 ^{**}	30,69	62,39	25,2
Ensilage à brins courts	50,22	75,15 ^{**}	28,47	62,87	45,4

* Analyse granulométrique du contenu ruminal :

Pour réaliser cette analyse granulométrique, nous avons utilisé la même méthode que précédemment (exp. 3), mais nous avons aussi travaillé à partir d'un échantillon beaucoup plus important (500 g soit environ 5 % de la masse totale de contenu au lieu de 5 g) pour qu'il soit mieux représentatif du contenu de rumen qui est très hétérogène.

Etant donné l'importance de l'échantillon, il n'était pas possible de réaliser le tamisage dans les mêmes conditions, c'est pourquoi nous nous sommes plus particulièrement intéressées aux particules de taille relativement élevées, qui pourraient éventuellement être à l'origine de la faible ingestion des ensilages à brins longs (cf. partie précédente). Après avoir mis à tremper, durant 24 heures, l'échantillon dans 4 l. d'eau environ, le produit est tamisé en milieu liquide sur un tamis de maille d'ouverture = 4 mm (sur un tamis de maille d'ouverture supérieure, les particules peuvent passer perpendiculairement au tamis). Le processus de tamisage est identique à celui décrit précédemment, ainsi que la récupération des particules sur le tamis. Puis, les particules contenues dans le liquide en suspension, sont triées une à une pour séparer celles dont la taille est comprise entre 20 et 50 mm de celles dont la taille est supérieure à 50 mm. Elles sont alors filtrées sur 2 filtres plissés et tarés, puis séchées et pesées comme précédemment.

B/ R E S U L T A T S

I.- ETUDE DES VITESSES DE DIGESTION DANS LE RUMEN (Exp. 2) :

* Comparaison ensilage / fourrage vert (tableau 21) :

Estimée à partir de la digestibilité en sachets de la paille, l'activité cellulolytique de la flore microbienne a été légèrement supérieure, quand les animaux recevaient des fourrages verts, à celle observée quand les animaux recevaient des ensilages. La différence porte essentiellement sur la digestibilité de la paille à 13 heures = 32,84 avec le fourrage vert contre 29,58 avec l'ensilage, mais cette différence n'est pas significative (analyse de variance à 2 voies de classification).

Figure 20 : CINETIQUE DE LA DIGESTIBILITE DE LA PAILLE

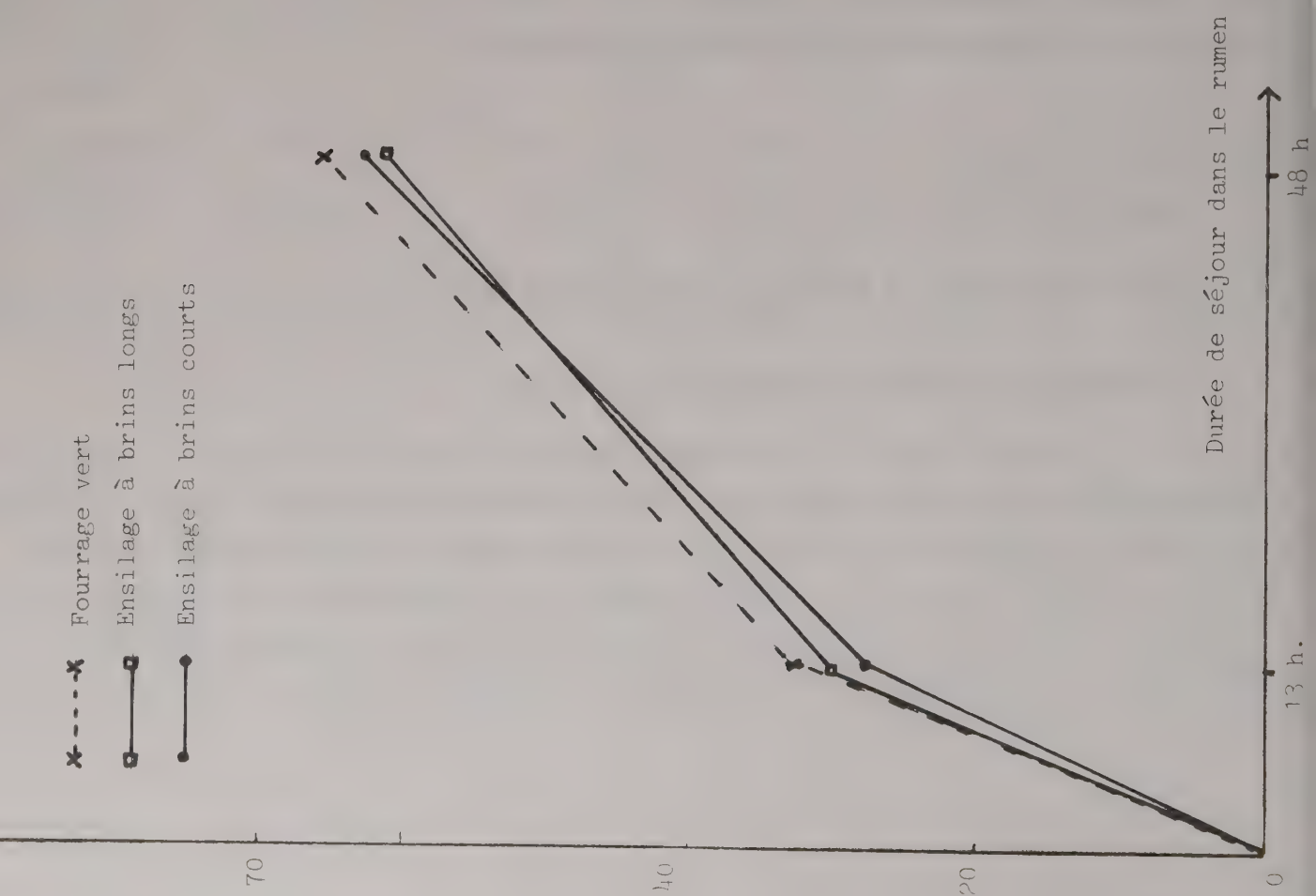
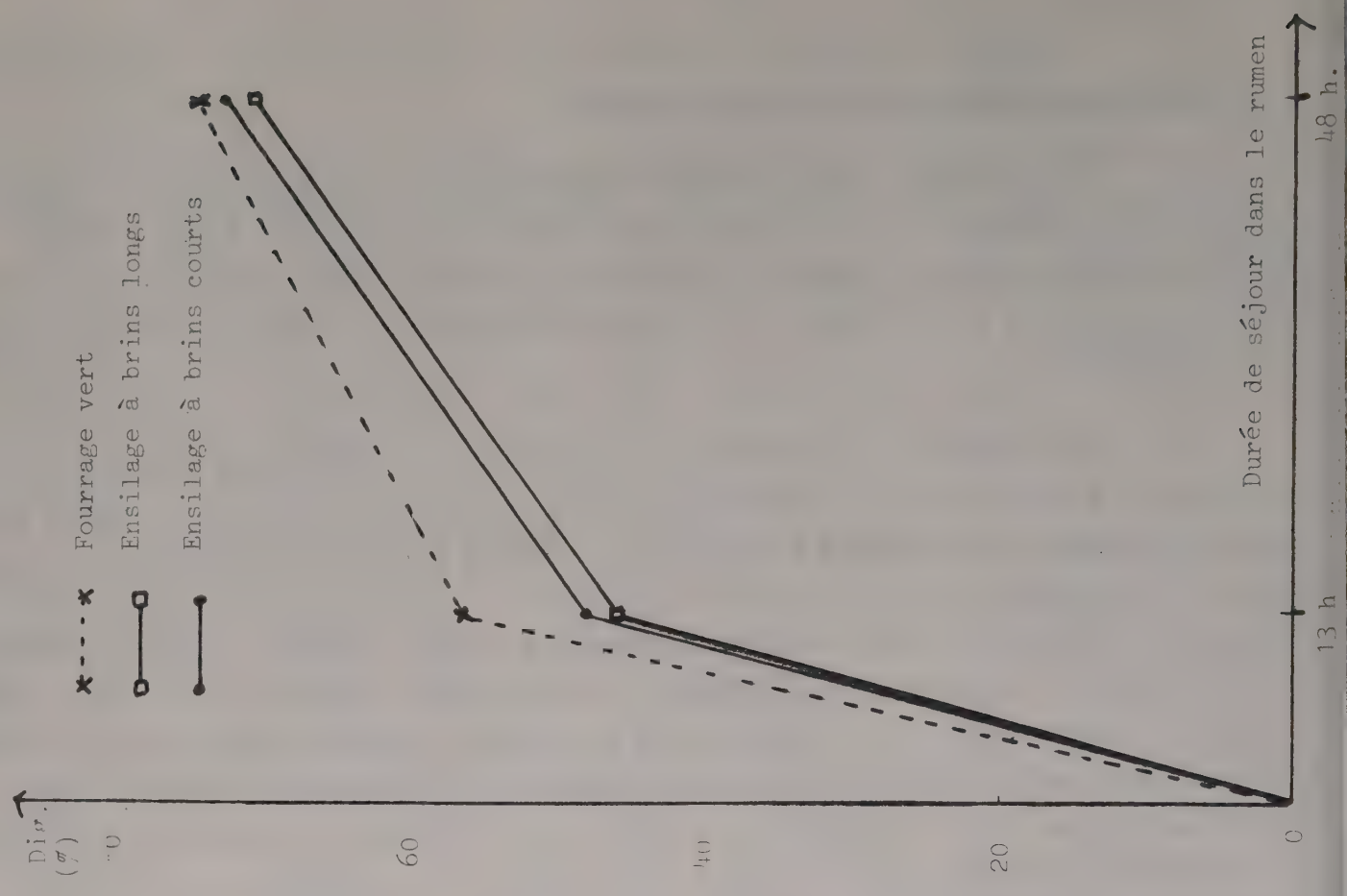


Figure 21 : CINETIQUE DE LA DIGESTIBILITE DU SUBSTRAT



★ Fourrage vert :
.....

Bien que le fourrage à brins longs ait été moins bien consommé que celui à brins courts, le poids du contenu ruminal frais des animaux recevant le RGI à brins longs (7 878 g) a été supérieur de 6 % à celui des animaux recevant le RGI à brins courts (7 420 g) (N.S.). La teneur en matière sèche du contenu ruminal de ce compartiment a aussi été plus élevée (9,7 %) avec le fourrage à brins longs qu'avec le fourrage à brins courts (8,9 %).

Le contenu sec a donc été un peu plus important (764 g contre 660 g) pour les animaux ingérant des fourrages verts à brins longs. Le temps de séjour dans le rumen des fourrages verts à brins longs, par conséquence, a été un peu plus long que pour les fourrages à brins courts : 0,88 jour contre 0,66 jour, mais la différence n'est pas significative.

★ Ensilages :
.....

Les poids de contenu ruminal ont augmenté avec la finesse de hachage des ensilages de 8356 g à 10963 g pour le contenu frais et de 719 g à 1014 g pour le contenu sec, soit respectivement une différence de 31 %* * et de 41 %**. Parallèlement, la teneur en matière sèche du contenu ruminal est passée de 8,5 % à 9,1 %, quand la longueur des brins d'ensilage diminuait. Bien que les différences d'heure d'abattage des animaux n'aient pas entraîné de modifications significatives, le poids de contenu ruminal sec est passé de 890 g (abattage 2 heures après la distribution du repas) à 852 g (abattage 4 heures après la distribution du repas), soit une diminution d'environ 9,5 g de matière sèche / heure.

Les poids de contenu ruminal (exprimé en g de matière sèche / kg P^{0,75}) ont été d'autant plus importants que l'ingestibilité des ensilages a été plus élevée. Le rapport contenu / QI, qui donne une idée du temps de séjour moyen des ingesta dans le rumen (jours) a toujours été supérieur pour les ensilages à brins longs (1,67* jours) par rapport aux ensilages à brins courts (1,38 jours).

Pour les autres compartiments digestifs, les contenus n'ont présenté aucune différence significative suivant la finesse de hachage des ensilages. Il est cependant intéressant de remarquer que :

INFLUENCE DE LA FINESSE DE HACHAGE DES FOURRAGES
SUR LA GRANULOMETRIE DES CONTENUS DU RUMEN ET DU FEUILLET

Fourrages →	RGI (fourrage vert)		RGI (ensilage)		Fétuque (ensilage)	
	à brins longs	à brins courts	à brins longs	à brins courts	à brins longs	à brins courts
RUMEN						
Indice de finesse	34,77 ± 3,14 [*]	43,95 ± 6,20 [*]	35,35 ± 4,86 ^{**}	50,19 ± 4,35 ^{**}	39,93 ± 6,82 ^{**}	54,39 ± 4,77 ^{**}
pourcentage > 1,25	21,76 ± 2,37	28,16 ± 4,82	19,53 ± 4,33 ^{**}	31,87 ± 3,75 ^{**}	23,49 ± 6,25 ^{**}	35,30 ± 4,83 ^{**}
FEUILLET						
Indice de finesse	14,05 ± 2,31 [*]	20,04 ± 4,25 [*]	12,12 ± 1,33 [*]	17,67 ± 3,98 [*]	12,80 ± 1,62 ^{**}	20,66 ± 3,89 ^{**}
pourcentage > 1,25	3,86 ± 1,33	6,16 ± 3,30	3,82 ± 2,37 [*]	0,67 ± 0,21 [*]	6,71 ± 3,97 [*]	1,55 ± 0,75 [*]

INFLUENCE DE L'HEURE D'ABATTAGE
SUR LA GRANULOMETRIE DES CONTENUS DU RUMEN ET DU FEUILLET

Fourrages →	RGI (fourrage vert)		RGI (ensilage)		Fétuque (ensilage)	
	10 h	14 h	10 h	14 h	10 h	14 h
RUMEN						
Indice de finesse	36,38 ± 5,35 ^{**}	41,35 ± 7,20 ^{**}	41,89 ± 8,88	43,36 ± 9,79	51,85 ± 6,30 [*]	44,03 ± 10,33 [*]
pourcentage > 1,25	23,20 ± 3,80 ^{**}	26,13 ± 5,55 ^{**}	25,52 ± 6,75	25,82 ± 8,66	33,62 ± 5,01 [*]	26,57 ± 8,98 [*]
FEUILLET						
Indice de finesse	15,23 ± 3,11 [*]	18,26 ± 5,14 [*]	14,36 ± 3,27	15,25 ± 4,76	16,27 ± 5,18	17,03 ± 5,36
pourcentage > 1,25	3,69 ± 1,59	5,89 ± 2,99	1,78 ± 1,39	2,56 ± 2,83	3,57 ± 3,36	4,50 ± 4,38

. le poids du contenu du feuillet est resté relativement constant quel que soit le fourrage proposé,

. la teneur en matière sèche du feuillet (17,7) a toujours été bien supérieure à celle du rumen (9,3) ou de la caillette (7,8), ce qui confirme bien le rôle joué par le feuillet dans l'absorption de l'eau.

2°/ Etude de la taille des particules du contenu du rumen et du feuillet :

Pour caractériser la taille des particules des contenus digestifs, deux critères ont été retenus :

- l'indice de finesse défini précédemment (matériel et méthodes),
- le pourcentage des particules retenues sur le tamis de maille d'ouverture : 1,25 mm,

En moyenne, l'indice de finesse du reticulo-rumen a été de 43 %, et celui du feuillet de 27 %, moins de 10 % des particules du feuillet ont eu une taille supérieure à 1,25 mm. Mais il existe des variations importantes suivant la finesse de hachage du fourrage proposé. Malheureusement, il n'a pas été possible de faire une comparaison ensilage / fourrage vert, étant donné que les ensilages n'ont pas été réalisés à partir du fourrage vert étudié.

* Résultats sur fourrages verts (tableaux 23 et 24) : (ANNEXE 2)

Le hachage du fourrage s'est traduit par une augmentation de l'indice de finesse du contenu de rumen (de 26 %^{*}) et du contenu du feuillet (de 42 %^{*}) (analyse d'une expérience factorielle de type 2², avec les 2 facteurs de variation suivant : finesse de hachage, heure d'abattage). De même, le pourcentage de grandes particules a été plus élevé pour les fourrages à brins courts que pour les fourrages à brins longs, mais les différences n'ont pas été significatives.

Il est intéressant de remarquer que l'indice de finesse des contenus a augmenté avec l'heure d'abattage ; on peut supposer que les fines particules étant constituées de substances très digestibles, ont été attaquées en priorité par la flore microbienne, puis évacuées vers la caillette par l'orifice omaso-abomasal, tandis que les grandes particules n'ont, pour ainsi dire, pas été modifiées ; cette hypothèse expliquerait, en même temps, l'augmentation relative du pourcentage de particules supérieures à 1,25 mm, au cours de la période de temps considérée, tant au niveau du rumen (12 %) qu'au niveau du feuillet (59 %).

* Résultats sur ensilage :
.....

Comme pour les fourrages verts, les indices de finesse caractérisant le contenu ruminal ont toujours été significativement plus élevés pour les ensilages à brins courts : 52,29 que pour les ensilages à brins longs : 37,64. Des résultats analogues ont été trouvés pour l'indice de finesse du contenu du feuillet soit 19,16 avec les brins courts et 12,46 avec les brins longs (tableau 23). Plus de 25 %, en moyenne, des particules du contenu ruminal ont eu une taille supérieure à 1,25 mm, mais le pourcentage de grandes particules a toujours été plus élevé avec les ensilages à brins courts (33,58 %**) qu'avec les ensilages à brins longs (21,51 %) (tableau 23). Il nous a donc paru intéressant d'étudier plus en détail ces particules de taille supérieure à 1,25 mm; on peut y voir que la taille des particules les plus longues varie de 8 à 12 mm et qu'il n'y a pratiquement pas de différence de taille suivant que les particules correspondent à des ensilages à brins courts ou longs. (Annexe 3).

Suivant l'heure d'abattage (2 ou 4 heures après la distribution du repas), l'indice de finesse du contenu ruminal a augmenté de 10 % avec le RGI et diminué de 16 %* avec la fétuque (tableau 24). Pour le RGI, les variations d'indice de finesse pourraient avoir la même origine que les variations d'indice de finesse des contenus ruminiaux, observées sur des animaux recevant des fourrages verts et abattus 2 ou 4 heures après la distribution du repas à savoir : la disparition rapide des petites particules sous l'action de la digestion microbienne et du transit reticulo-omasal. Pour la fétuque, on peut supposer que cette diminution de l'indice de finesse du contenu ruminal est liée à l'action de la rumination : celle-ci n'a débuté que 2 heures après la distribution du repas ; donc, seules les particules issues du contenu ruminal d'animaux abattus 4 heures après la distribution du repas, ont subi l'action de la mastication mérycique.

Comme pour les résultats obtenus sur rumen, l'indice de finesse des contenus de feuillet des animaux recevant des ensilages à brins courts (19,16*) a toujours été plus élevé que celui des animaux recevant des ensilages à brins longs (12,46) ; mais le pourcentage de grandes particules a été plus faible avec les ensilages à brins courts (1,11*) qu'avec les ensilages à brins longs (5,26).

Ni l'indice de finesse, ni le pourcentage de particules supérieures à 1,25 mm des contenus de feuillet n'ont varié, de façon significative, en fonction de l'heure de l'abattage.

Tableau 25

ETUDE DE LA TAILLE DES PARTICULES DES BOLS ALIMENTAIRES ET MERICYCIQUES

Ensilage de	RGI à		Fétuque à		Moyenne
	brins longs	brins courts	brins longs	brins courts	
Quantité ingérée (g/kg P ^{0,75})	26,5	31,1	28,8	36,7	30,8
Caractéristiques des bols					
pourcentage de matière sèche					
- ing.	10,2	9,7	10,1	9,9	10,0
- rum . remontée	4,4	6,6	5,1	5,7	5,4
- rum . . descente	2,8	4,9	4,7	6,1	4,6
poids des bols (g MS)					
- ing.	1,0	0,9	1,1	1,2	1,0
- rum . . remontée	2,6	6,2	-	5,0	4,6
- rum . . descente	1,4	1,9	-	5,2	2,8
Granulométrie des bols					
indice de finesse					
- ing.	69,5	63,8	81,2	76,1	72,6
- rum . remontée	42,1	38,2	41,7	39,7	40,4
- rum . . descente	16,2	27,1	34,0	37,1	28,6
pourcentage particules > 1,25					
- ing.	50,9	47,6	60,3	58,4	54,3
- rum . remontée	27,2	22,2	25,3	22,1	24,2
- rum . . descente	5,4	8,9	13,8	18,4	11,6

3°/ Etude de la taille des particules des bols alimentaires et méryciques : (tableau 25)

Les études sur la granulométrie des contenus de rumen ayant fourni des résultats inattendus, à savoir que les particules des contenus de rumen ou de feuillet des moutons recevant des ensilages à brins longs étaient plus petites que celles des contenus des moutons recevant des ensilages à brins courts, il nous a paru nécessaire de réaliser, dans les mêmes conditions d'expérience, une étude granulométrique des bols alimentaires pour savoir à quel niveau se faisait cette réduction de la taille des particules des contenus ruminiaux correspondants aux ensilages à brins longs.

Caractéristiques des bols alimentaires :
.....

L'apport de salive, lors de l'ingestion, a été très important : la teneur en matière sèche des fourrages distribués a été de 19,5 % en moyenne, alors que celle des bols alimentaires n'a été que de 10 %. Par contre, cet apport a été minime au cours de la mastication mérycique. La teneur en matière sèche du bol étant restée pratiquement constante avant mastication (5,4 %) et après mastication (4,6 %). Il est aussi intéressant de remarquer que la teneur en matière sèche des bols méryciques avant mastication a toujours été plus faible avec les ensilages à brins longs (4,7 %) qu'avec les ensilages à brins courts (6,1 %). Quel que soit le fourrage considéré, le poids des bols a toujours été plus faible à l'ingestion (10 g de MS) qu'à la rumination (3,7 g de MS).

Taille des particules dans les bols :
.....

* Lors de l'ingestion : quelle que soit la variété fourragère étudiée (RGI ou fétuque), la mastication a considérablement réduit les différences de longueur de brins entre ensilages à brins longs et à brins courts, puisque les indices de finesse des bols à l'ingestion ont été respectivement, pour ces ensilages, de 75 et 70 points. De même, le pourcentage de "grandes particules" a été peu différent qu'il s'agisse d'ensilages à brins courts (53 %) ou à brins longs (56 %). Les ovins ont donc pratiquement "nivelé" les différences de longueur de brins des ensilages en augmentant ou en diminuant l'intensité de la mastication lors de l'ingestion.

INFLUENCE DE LA FINESSE DE HACHAGE DES ENSILAGES SUR LE POIDS,
LE TEMPS DE RETENTION DES DIGESTA ET LA GRANULOMETRIE DU CONTENU RUMINAL

Fourrage	Ensilage de RGI à		
	brins longs	brins longs hachés	brins courts
Quantité ingérée (g/kg P 0,75)	59,0	53,7	63,3
Contenu ruminal (g)			
- frais	11073 ± 1024	9077 ± 2393	9340 ± 334
- sec	1411 ± 177	1239 ± 339	1320 ± 100
Temps de rétention (j)	0,89	0,86	0,76
Indice de finesse	45,88 ± 1,80	43,38 ± 3,74	51,41 ± 3,51
Pourcentage > 1,25	28,18 ± 2,31	27,28 ± 3,21	31,84 ± 1,96

* Lors de la rumination : La différence de granulométrie entre le bol à l'ingestion et le bol mérycique avant mastication a été relativement importante. En moyenne, l'indice de finesse a diminué de 72,6 à 40,4, et le pourcentage de grandes particules a diminué de 54,3 % à 24,2 %, quand on est passé d'un bol alimentaire à un bol mérycique avant mastication. On peut supposer soit :

- que la digestion microbienne a été suffisamment efficace pour réduire de moitié environ la taille des particules du contenu ruminal,
- qu'il s'effectue un tri dans la zone reticulo- antrale et que seules les particules les plus fines ont pu franchir l'orifice cardial.

La différence de granulométrie entre bol mérycique avant et après mastication a été plus faible : elle a été de 11,8 %, en moyenne, pour l'indice de finesse et de 12,6 % pour le pourcentage de grandes particules.

III.- ETUDE DU POIDS DES CONTENUS DE RUMEN ET DE LA TAILLE DES PARTICULES DE CES CONTENUS (Tableau 26) (Expérience 4) :

Contrairement aux résultats précédents, le poids de contenu ruminal a diminué avec la finesse de hachage des ensilages de 11073 à 9340 g (N.S.) pour le contenu frais. Ce résultat est à rapprocher du fait que les quantités ingérées n'ont pas varié dans les proportions auxquelles on pouvait s'attendre : soit une diminution de 7 % (NS) seulement quand on est passé d'un ensilage à brins longs à un ensilage à brins courts, alors qu'en 1973 la diminution avait été de 41 %^{**}. La teneur en matière sèche élevée de ces ensilages (28,9) pourrait être à l'origine de ces résultats; il est vraisemblable, en effet, que les différences de quantités ingérées entre ensilages à brins longs et à brins courts s'amenuisent quand la teneur en matière sèche augmente et que les ensilages se rapprochent ainsi des ensilages préfanés.

Le temps de rétention des ingesta dans le rumen a été respectivement pour les ensilages de RGI à brins longs, longs hachés et courts de 0,89, 0,86 et 0,76 jour. Ainsi, bien que la différence de consommation entre ensilages à brins longs et à brins courts ait été réduite, le temps de séjour dans le rumen de l'ensilage à brins longs est resté supérieur (17 % NS) à celui de l'ensilage à brins courts (analyse de covariance sur les droites de régression contenu / QI).

L'indice de finesse du contenu ruminal a diminué respectivement de 16 %^(*) et de 11 % (NS) quand on est passé de l'ensilage à brins courts à l'ensilage à brins longs hachés ou à brins longs. De même, le pourcentage de particules dont la taille est supérieure à 1,25 mm, est passé de 32 % avec l'ensilage à brins courts à 27%(NS) et 28 % (NS) avec les ensilages à brins longs hachés et à brins longs. Les analyses granulométriques réalisées sur un échantillon de contenu ruminal plus important ont donné des résultats analogues : dans 500 g de contenu ruminal frais, nous n'avons trouvé que 3,8 %, de particules dont la taille était supérieure à 20 mm pour l'ensilage à brins longs, contre 4,8 % pour l'ensilage à brins courts.

C/ DISCUSSION

1.- Les résultats obtenus dans cette série d'essais montrent que l'activité cellulolytique des micro-organismes du rumen des animaux recevant des fourrages verts est légèrement supérieure à celle des animaux recevant des ensilages. De même, la vitesse de digestion dans le rumen des fourrages verts est légèrement supérieure à celle des ensilages correspondants. Cela doit résulter essentiellement du fait que les ensilages sont plus pauvres en constituants solubles (notamment en glucides solubles) et plus riches en constituants membranaires que les fourrages verts dont ils sont issus. Ces différences dans l'activité cellulolytique et dans la vitesse de digestion peuvent expliquer, au moins en partie, la différence de quantité ingérée entre les fourrages verts et les ensilages à brins courts correspondants, hypothèse déjà avancée par DULPHY (1972). En revanche, la différence importante de quantités ingérées entre ensilages à brins courts et ensilages à brins longs ne peut être attribuée à une diminution de la vitesse de digestion dans le rumen des ensilages à brins longs. En effet, l'activité cellulolytique de la flore microbienne du rumen et la résistance des ensilages à cette digestion microbienne ont été identiques et indépendantes de la finesse de hachage des ensilages.

2.- Le poids frais ou sec des contenus de rumen des animaux recevant des ensilages à brins longs est nettement plus faible que celui des animaux recevant des fourrages verts ou des ensilages à brins courts. La quantité d'ensilage à brins longs ingérée n'est donc pas limitée par la capacité du reticulo rumen comme l'est la quantité de foin ingérée selon la théorie de régulation "physique" des quantités de fourrage ingérées de BALCH et CAMPLING (1961).

Il semble cependant que les ensilages à brins longs transitent moins rapidement dans le rumen que les ensilages à brins courts, comme l'avait déjà constaté DULPHY (1975) et cela :

- soit parce que les quantités d'ensilage ingérées diminuent avec l'augmentation de la longueur des brins. On sait, en effet, que le temps de séjour des ingesta dans le rumen augmente quand le niveau d'ingestion diminue (JARRIGE, 1973). L'allongement du temps de séjour dans le rumen avec les ensilages à brins longs ne serait donc qu'une conséquence de la diminution des quantités ingérées ;

- soit, parce que l'ingestion d'ensilage à brins longs entraîne un ralentissement de la motricité gastrique, ce qui expliquerait dans l'essai 4 l'augmentation du temps de séjour des ingesta dans le rumen bien que la différence de quantités ingérées entre ensilages à brins longs et à brins courts ait été relativement faible. L'influence de la longueur des brins d'ensilage ingéré sur la vitesse des contractions gastriques est cependant peu vraisemblable puisque l'ingestion de foin long n'a pas entraîné de variation de la motricité gastrique par rapport à un foin broyé (BALCH, 1952).

3.- La taille des particules du contenu ruminal (exprimée par l'indice de finesse et le pourcentage de particules dont la taille est supérieure à 1,25 mm) augmente avec la finesse de hachage des ensilages. Ce résultat est étonnant mais correspond très bien à l'augmentation très importante de la durée unitaire d'ingestion observée avec les ensilages à brins longs. C'est ainsi que l'indice de finesse des contenus de rumen prélevés 2 heures après le début du repas a été de 42,5 % en moyenne pour les ensilages à brins longs contre 52,5 % pour les ensilages à brins courts correspondants (essais 3 et 4), mais le nombre de coups de mâchoire par g d'ensilage ingéré a été respectivement pour ces mêmes ensilages de 20,4 et 9,5.

L'hypothèse que nous avons émise dans la première partie pour expliquer les perturbations du comportement mérycique (augmentation du temps de latence, pseudo-rumination) entraînées par l'ingestion d'ensilages à brins longs, à savoir la présence de longues particules d'ensilage dans le rumen gênant la régurgitation n'est donc pas vérifiée du moins pour les ensilages étudiés dans les essais 3 et 4. Il en est d'ailleurs de même de la seconde hypothèse, à savoir que les particules étaient de taille trop petite. En effet, la taille des particules du contenu de rumen est plus faible avec les fourrages verts qu'avec les ensilages à brins courts sans pour cela que le comportement mérycique des moutons recevant des fourrages verts soit perturbé. D'ailleurs, les travaux réalisés à Theix sur les fourrages déshydratés broyés et agglomérés ont montré que la rumination était encore pratiquement normale quand la taille moyenne des particules de fourrages ingérés était supérieure à 1 mm (JARRIGE et al., 1973). Or, dans les bols alimentaires d'ensilages, plus de 50 % des particules ont une taille supérieure à 1,25 mm. Il est donc possible que l'allongement du temps de latence et la pseudo-rumination soient la conséquence (et non la cause) du faible contenu ruminal.

3^{ème} Partie : ETUDE DE L'ETABLISSEMENT DE LA SATIETE =====

Nous venons de voir que l'augmentation de la longueur des brins d'ensilage entraînait une diminution très importante des quantités ingérées par les ovins ; mais, même lorsque tous les facteurs favorables à une ingestion élevée des ensilages (finesse de hachage, qualité de conservation) sont réunis, les moutons n'ingèrent dans nos essais que 82 % des quantités ingérées en vert. L'étude du comportement alimentaire des moutons recevant un fourrage vert ou un ensilage de graminées à brins courts bien conservé nous a permis de montrer que l'ingestion (les quantités ingérées étant exprimées en g de matière sèche/kg P^{0,75}) se répartissait, au cours d'un nycthémère, de la manière suivante :

<u>Quantité ingérée</u>	<u>Fourrage vert</u>	<u>Ensilage</u>
. par grands repas	18,1 x 2 = 36,2	13,2 x 2 = 26,4
. par petits repas	3,4 x 6,7 = 22,7	3,1 x 7,2 = 21,7
par jour	58,9	48,1

Les quantités d'ensilage ingérées lors des deux grands repas sont bien inférieures à celles ingérées en vert ; le rassasiement rapide des moutons pourrait expliquer, en grande partie, la baisse d'ingestibilité des ensilages par rapport aux fourrages verts. Nous nous proposons donc, au cours de cette étude, de vérifier les faibles quantités ingérées par grands repas et d'étudier plus particulièrement :

- le rôle des stimuli olfactifs et gustatifs en comparant les quantités ingérées d'ensilage par les moutons rendus anosmiques (sans odorat) ou agnosmiques (sans goût), ainsi que leur comportement alimentaire, à ceux d'animaux témoins,

- la motilité ruminale des animaux recevant des ensilages à celle des animaux recevant des fourrages verts, au cours d'un grand repas. En effet, des infusions intra-ruminales (SVENDSEN, 1973 - ASH, 1956) ou des injections intra-veineuses (LE BARS, 1956) d'acide acétique, propionique ou butyrique ont provoqué une inhibition de la motilité. Les AGV contenus dans l'ensilage arrivent dans le rumen en quantité relativement importante lors de l'ingestion de fourrage et peuvent donc exercer eux-aussi une action inhibitrice sur la vitesse de contractions gastriques. S'il y a inhibition des contractions gastriques, les ingesta doivent s'accumuler à la sortie du cardia, ce qui pourrait expliquer les faibles quantités ingérées lors des grands repas.

A/ ETUDE DU ROLE DES SENS DANS LE CONTROLE DES QUANTITES INGEREES

I.- MATERIEL ET METHODES

1°/ Odorat :

a/ Animaux :

Deux essais ont été effectués au cours de deux années successives. Dans chaque essai nous avons utilisé deux lots de moutons de race Texel âgés de 2 à 3 ans, et dont le poids était de 55 kg en moyenne. Le premier lot ("témoin") était constitué d'animaux "normaux" (6 la première année, et 3 la deuxième année). Le deuxième lot comprenait 3 animaux rendus anosmiques, par bulbectomisation (Technique SIGNORET). La bulbectomisation consiste à supprimer la discrimination olfactive par ablation du bulbe olfactif. Pour cela, on a effectué sur 3 moutons sous anesthésie complète une incision en T de 10 à 15 cm de long au milieu du front entre les 2 yeux : le sinus frontal a alors été ouvert et les travées osseuses unissant les tables internes et externes, ainsi que la paroi osseuse recouvrant les bulbes olfactifs, ont été enlevés (figure 22). L'ablation proprement dite a été effectuée par succion par l'intermédiaire d'un tube de verre, dont la forme permettait de pénétrer au fond de la cavité éthmoïdale. L'orifice par où avait lieu l'ablation a alors été recouvert d'une éponge de gélatine imprégnée de thrombose additionnée d'auromycine, la peau suturée, et de la pénicilline injectée dans la cavité des sinus, sous le plan cutané et en intramusculaire (SIGNORET, 1972). Cette opération a eu lieu un an environ avant le début de l'expérience.

Figure 22 : COUPE LONGITUDINALE DE LA BOITE CRANIIENNE (d'après SIGNORET, 1972) :

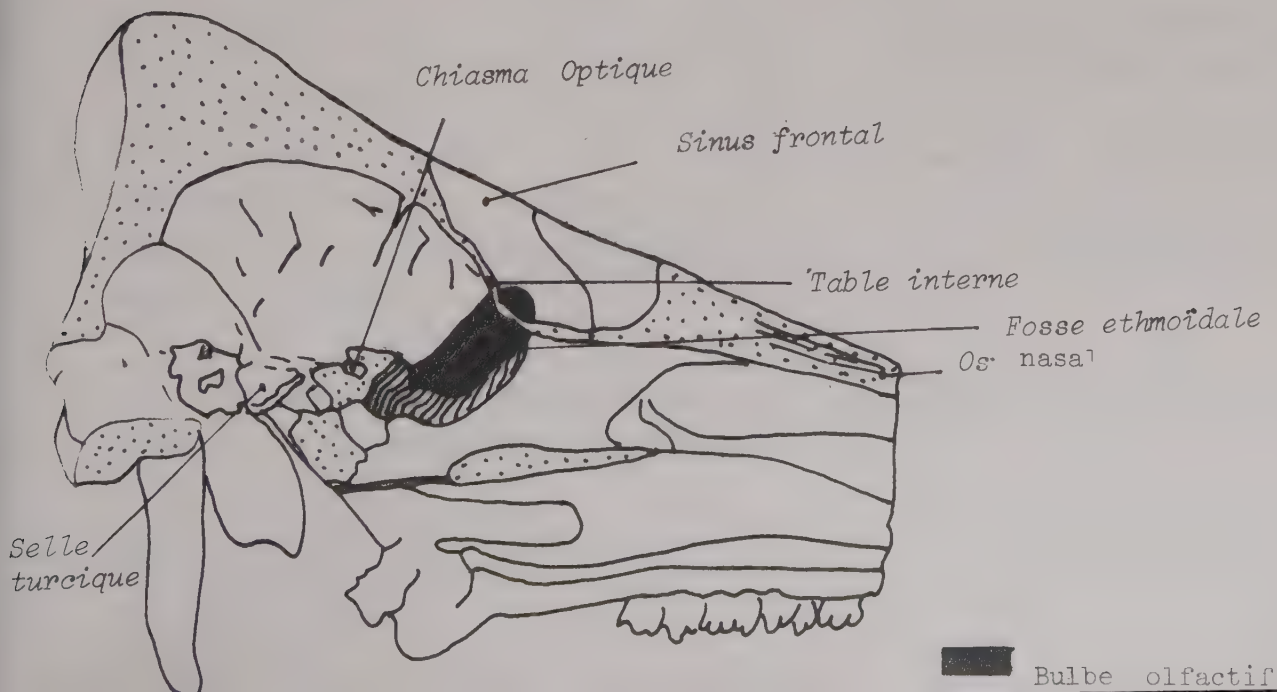


Tableau 27 : COMPOSITION CHIMIQUE ET CARACTERISTIQUES FERMENTAIRES MOYENNES
ET EXTREMES DES ENSILAGES UTILISES POUR TESTER L'ODORAT

ENSILAGES	n	% MS	CUD MO	en % M.S.			pH	g/kg M.S.		N-NH ₃ / N _T
				M.M.	M.A.	C.B.		Ac. lactique	A.G.V.	
GRAMINEES	7	20,0	68,5	10,3	12,1	29,6	4,10	59,69	32,83	9,24
		17,6-	62,3	7,7-	9,8 -	23,1-	3,68-	24,10-	12,83-	6,30-
		21,8	79,0	14,4	15,5	34,3	4,65	114,13	77,29	15,70
LEGUMINEU- SES	4	24,9	59,5	9,3	17,4	27,2	4,13	56,05	37,18	7,29
		23,7-	58,6-	8,4-	14,5-	26,7-	3,92-	27,88-	14,64-	4,87-
		26,2	60,1	10,8	19,2	27,7	4,35	80,08	86,87	9,74

Nous avons vérifié, au début et à la fin de chaque expérience, l'absence ou la présence de discrimination olfactive sur les animaux du lot témoin et les moutons bulbectomisés, suivant la méthode mise au point par POINDRON (1974).

Pour cela, nous avons offert à chaque mouton une ration d'ensilage répartie dans deux seaux identiques en matière plastique. Dans le fond de l'un des deux seaux étaient placés des excréments frais de chien, dont la valeur répulsive pour le mouton est bien connue. Une grille à maille très fine empêchait le contact entre les excréments et l'ensilage. Les deux seaux étaient placés en même temps dans la mangeoire du mouton, au début du premier grand repas de la journée. La durée de l'épreuve était de 6 mn avec interversion de la place des seaux au bout de 3 mn pour éviter une erreur systématique due à une préférence de position. Les critères de discrimination retenus étaient les suivants :

- un animal qui mange plus de 1 mn dans le seau contenant l'excrément ne présente pas de discrimination olfactive,

- un animal qui mange plus de 5 mn dans le seau sans odeur répulsive et moins de 1 mn dans l'autre seau après l'avoir flairé présente une discrimination olfactive.

Les trois animaux opérés ont été trouvés effectivement anosmiques.

b/ Ensilages :

Nous avons utilisé 11 ensilages, dont 7 de graminées et 4 de légumineuses. La majorité de ces fourrages avait été récoltée avec une ensileuse à tambour hacheur (brins courts), sauf deux ensilages de graminées récoltées avec une ensileuse à fléaux. Tous les ensilages avaient reçu de l'acide formique, soit 3,5 l./T pour les graminées et 5 l./T pour les légumineuses, sauf un ensilage de graminées récolté sans conservateur, et deux ensilages de luzerne auxquels on avait ajouté un conservateur différent (Silage Savor) ou un mélange d'acide formique et de formol.

Les caractéristiques moyennes de ces ensilages (composition et digestibilité) sont rapportées dans le tableau 27.

c/ Mesures :
.....

Chaque fourrage a été distribué pendant 15 jours, et les mesures (quantités ingérées et comportement), ont été faites au cours des 5 derniers jours de chaque période. Le nombre des ensilages étudié et les mesures effectuées sur ces ensilages sont présentés dans le tableau suivant :

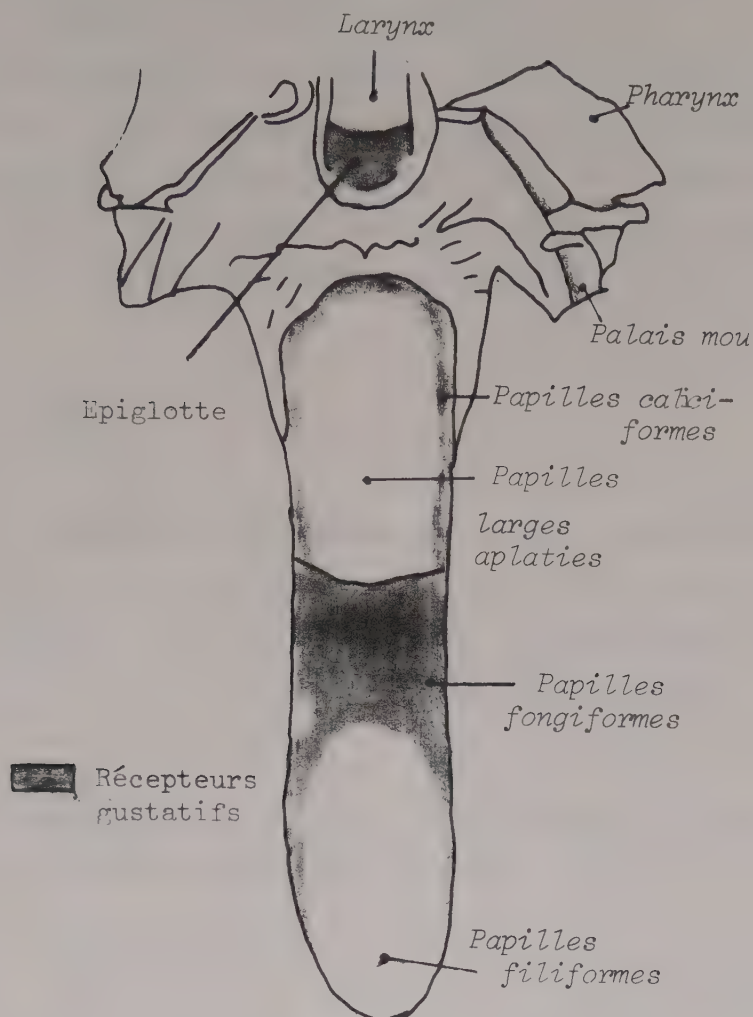
Mesures réalisées	Lot Témoin à 6 animaux	Lot Témoin à 3 animaux	Lot bulbectomisé
Quantité (1973 ingérée (1974	n = 7	n = 4	n = 7 n = 4
Comporte- (1973 ment (1974 alimentaire	n = 4	n = 3	n = 4 n = 3

2°/ Goût :

Pour étudier le rôle du goût dans le contrôle des quantités d'ensilage ingérées, nous avons essayé de rendre agnosiques 3 moutons, selon la méthode déjà utilisée par KRUEGER (1974), c'est-à-dire par application locale d'acide osmique sur les récepteurs gustatifs. L'acide osmique interviendrait en coagulant les protéines mises en jeu lors du passage de l'influx nerveux, au niveau des sites récepteurs gustatifs (OSOL et FARAR, 1955). Nous avons procédé de la manière suivante :

après avoir été maintenu à jeûn pendant 12 heures, l'animal a reçu une injection intra-musculaire de 2 ml de Vetranquil, une heure avant l'intervention. L'opération a eu lieu sans anesthésie : l'animal a été maintenu la gueule ouverte et la langue pendante au moyen d'un "pas d'âne" ; un coton inhibé d'acide osmique à 2 % a été appliqué au contact de la langue pendant 1 mn environ, au niveau des papilles gustatives situées sur la face dorsale de la langue, le palais mou et l'épiglotte (figure 23). L'acide osmique est un produit très volatil dont les vapeurs sont nocives pour les yeux et les muqueuses respiratoires, il a donc été nécessaire de prendre certaines précautions : préparation de la solution sous hotte, intervention sur les animaux à l'extérieur, l'opérateur étant muni d'un masque à gaz.

FIGURE 23: Vue dorsale de la langue
(SISSON, 1953)



Pour vérifier l'agnosie des animaux, nous avons mesuré leur consommation hydrique, ainsi que celle du lot témoin, en comparant une solution "test" d'eau salée avec de l'eau pure. Cette vérification a été répétée 4 fois alors que les animaux recevaient un régime de foin car leur consommation d'eau aurait été insuffisante avec un régime à base d'ensilage d'herbe. Pour cela, nous présentions deux seaux identiques à chaque mouton, privé préalablement d'eau pendant 12 heures, l'un contenant de l'eau pure et l'autre une solution salée à 5 %, le seuil de réjection du sel étant de 2,5 % pour les ovins (GOATCHER, 1970). La durée de l'épreuve était de 6 mn comme pour la vérification de l'anosmie, avec inversion de la place des seaux au bout de 3 mn environ. Les résultats ont été exprimés sous forme d'un rapport :

$$\frac{\text{eau salée absorbée}}{\text{eau pure} + \text{eau salée absorbée}} \times 100$$

et nous avons considéré que la solution salée était rejetée quand le pourcentage d'eau salée bue était inférieure à 20 % (BELL, 1959 - GOATCHER, 1970). Malheureusement, seul l'un des animaux traités a pu être considéré comme réellement agnosique. Nous exposerons les résultats obtenus sur cet animal bien qu'il soit impossible de tirer des conclusions des résultats obtenus sur un seul animal.

* Ensilages :

Deux ensilages, une luzerne et un RGI, ont été distribués pendant 15 jours chacun, à cet animal agnosique et à un lot témoin. Les mesures de quantités ingérées et les enregistrements du comportement alimentaire ont été faits au cours des 5 derniers jours de chaque période. La composition et les caractéristiques de ces ensilages sont rapportées au tableau 28.

Tableau 28: COMPOSITION CHIMIQUE ET CARACTERISTIQUES FERMENTAIRES DES DEUX ENSILAGES UTILISES POUR TESTER LE GOUT.

FOURRAGE	%	CUD	(% M.S.)			pH	(g/kg MS)		N-NH ₃ /N T ³
			M.M.	M.A.	C.B.		Ac. Lact.	AGV	
Luzerne	25,1	58,6	10,8	17,2	27,7	4,10	57,61	14,64	4,87
R.G.I.	21,8	79,0	11,6	13,7	23,1	3,72	114,13	24,15	6,30

II. - RESULTATS

1°/ Influence de la suppression de l'odorat sur les quantités d'ensilage ingérées :

Suivant l'espèce fourragère considérée, les résultats obtenus ont été très différents. Pour les ensilages de luzerne étudiés, les quantités ingérées par les animaux anosmiques ont été inférieures de 7 % * aux quantités ingérées par les animaux "témoins", alors que pour les ensilages de graminées nous avons trouvé une augmentation de 22 % * (tableau 29).

Tableau 29: INFLUENCE DE LA SUPPRESSION DE L'ODORAT SUR LES QUANTITES DE
MATIERE SECHE D'ENSILAGE INGEREES PAR JOUR ET PAR GRANDS REPAS

		Nombre d'animaux	Quantité ingérée (g/kg P ^{0,75}) par jour	par grand repas
GRAMINEES	animaux témoins	32	36,5 [*] ± 12,3	10,3 [*] ± 3,9
	" anosmiques	21	45,4 ± 12,0	15,6 ± 4,7
LEGUMINEUSES	animaux témoins	18	70,0 [*] ± 5,3	22,2 ± 3,6
	" anosmiques	12	65,1 ± 6,0	24,8 ± 2,3

La baisse d'ingestion enregistrée avec les animaux anosmiques sur les luzernes peut surprendre mais :

1°/ elle est assez faible,

2°/ elle porte surtout sur les deux ensilages de luzerne réalisés en 1973 (cf. Annexe 4) ; ces ensilages ont été surconsommés par les animaux "témoins". Ceux-ci ont eu tendance, en effet à compenser leur faible ingestion d'ensilages de graminées au cours des semaines précédentes, par une augmentation des quantités ingérées d'ensilage de luzerne, ces ensilages ayant été étudiés en dernier. Quant aux deux ensilages de luzerne réalisés en 1974, il faut noter qu'ils étaient très bien conservés,

3°/ elle ne s'est pas répercutée sur les quantités d'ensilage ingérées au cours des grands repas, celle-ci étant identique (de l'ordre de 24 g/kg P^{0,75}) qu'il s'agisse de moutons avec ou sans odorat.

En résumé, la diminution d'ingestibilité des ensilages de luzerne par rapport aux fourrages verts correspondants ne peut être attribuée à la mauvaise odeur de ces ensilages. Mais comme nous l'avions déjà remarqué lors de l'étude du comportement alimentaire des animaux, les résultats obtenus à partir des ensilages de légumineuses ont été sensiblement différents de ceux obtenus sur graminées. Les études précédentes ayant été réalisées, en majeure partie, avec des ensilages de graminées, notre discussion a donc porté essentiellement sur ceux-ci.

La suppression de l'odorat a entraîné une augmentation importante et très variable (-9 % à + 51 %) de l'ingestibilité des ensilages de graminées. De même, les quantités d'ensilage ingérées au cours des grands repas par les moutons anosmiques ont été bien supérieures (50 %^{*}) à celles ingérées par les animaux "témoins" (tableau 29).

Pour étudier si les différences de quantités ingérées entre animaux témoins et animaux anosmiques dépendaient de la qualité de conservation des ensilages qui leur étaient offerts, nous avons regroupé les ensilages en 3 classes de qualité de conservation en nous basant sur les teneurs des ensilages en ammoniac (exprimé en N-NH_3 % N total) et en acide acétique.

Tableau 30: INFLUENCE DE LA SUPPRESSION DE L'ODORAT SUR LES QUANTITES DE MATIERE SECHE D'ENSILAGE DE GRAMINEES INGEREES EN FONCTION DE LA QUALITE DE CONSERVATION DE CES ENSILAGES.

	Nbre ensilages	N-NH ₃ / NT (%)	C ₂ (g/kg MS)	QI (g/kg P ^{0,75})		qi (g/kg P ^{0,75})	
				animal anosm.	animal témoin	animal anosmi.	animal témoin
Ensilage bien conservé	3	7,07	16,20	47,7	44,8	14,3	13,1
Ensilage de qualité moyenne	2	7,46	22,97	50,3	43,4	17,0	9,5
Ensilage mal conservé	2	14,28	42,03	36,9	27,7	16,2	6,4

Les résultats présentés au tableau 30 montrent que l'augmentation de l'ingestion due à la suppression de l'odorat a été plus importante pour les ensilages de graminées mal conservées (33 %) que pour les ensilages bien conservés (6 %), bien que cette différence ne soit pas significative (analyse d'une expérience factorielle de type 2² avec les deux facteurs de variation suivants : traitement des animaux, qualité de conservation des ensilages de graminées). Cette augmentation des quantités ingérées par jour résulte essentiellement de l'augmentation des quantités ingérées par grand repas, qui a été très importante pour les ensilages mal conservés (tableau 30).

2°/ Influence de la suppression de l'odorat sur le comportement alimentaire
des animaux recevant des ensilages de graminées :

Les résultats obtenus ont été rapportés dans le tableau 31.

Tableau 31 : *Influence de la suppression de l'odorat sur le comportement alimentaire des animaux recevant des ensilages en fonction de la qualité de conservation de ces ensilages.*

	Nombre d'animaux		DI (mn)		DUI (mn/g)		di (mn)		dui (mn/g)	
	Anos- mique	Témoin	Ani. anosm.	Ani. Témoin	Ani. Anosm.	Ani. Témoin	Ani. Anosm.	Ani. Témoin	Ani. Anosm.	Ani. Témoin
Ensilages bien conservés	9	11	285 ±	254 ±	6,49 ±	6,52 ±	86 ±	59 ±	4,78 ±	4,89 ±
			113	65	2,53	2,26	42	16	1,01	1,40
Ensilages de qualité moyenne	6	9	279 ±	205 ±	5,46 ±	5,27 ±	84 ±	38 ±	4,26 ±	4,35 ±
			73	28	1,43	1,23	63	9	1,68	1,80
Ensilages mal conservés	3	6	311 ±	227 ±	8,84 ±	9,80 ±	126 ±	55 ±	7,69 ±	8,81 ±
			51	51	0,58	2,16	41	5	1,66	2,57

L'absence d'odorat s'est traduite par une faible diminution des durées unitaires d'ingestion par jour (5 % N.S.) et par grands repas (10 % N.S.) et surtout par une augmentation des durées d'ingestion journalières (24 %**) et par grand repas (80 %**) (analyse d'une expérience factorielle de type 2² avec les 2 facteurs de variation suivants : traitement des animaux, qualité de conservation des ensilages de graminées). Cet allongement de la durée d'ingestion a été très variable suivant la qualité de conservation des ensilages, et comme précédemment les ensilages les moins bien conservés ont présenté les plus fortes variations, soit une augmentation de 37 % pour la DI et de 129 % pour la di. L'augmentation des quantités d'ensilage ingérées par les animaux anosmiques, lors des grands repas, est donc due à une augmentation de la durée d'ingestion.

3°/ Influence de la suppression du goût sur les quantités d'ensilage ingérées par les moutons :

Les résultats ont été rapportés dans le tableau 32.

Tableau 32: ETUDE COMPAREE DU COMPORTEMENT ALIMENTAIRE D'UN ANIMAL AGNOSIQUE ET D'ANIMAUX TEMOINS.

FOURRAGE	ANIMAL	(g/kg P 0,75)		DI (mn)	DUI (mn/g)	di (mn)	dui (mn/g)
		QI	qi				
R.G.I.	Témoins	53,2	10,0	210	3,95	28	2,80
	Agnosique	46,6	8,3	185	3,97	23	2,77
LUZERNE	Témoins	74,1	22,2	242	3,27	50	2,25
	Agnosique	71,0	19,0	149	2,10	37	1,95

Les quantités d'ensilage ingérées par le mouton agnosique ont été à peu près identiques à celles des animaux "témoins", bien que, sur luzerne, son comportement ait été assez différent : les durée unitaires d'ingestion par jour et par grands repas ont été nettement plus faibles que celles des animaux témoins. Mais il n'est pas possible de tirer une conclusion générale des résultats obtenus sur un seul animal.

III.- D I S C U S S I O N

Les résultats que nous avons obtenus dans cet essai montrent que la suppression de l'odorat entraîne une augmentation des quantités d'ensilage ingérées par jour. Cette augmentation est d'autant plus importante que les ensilages sont moins bien conservés. Elle est due principalement à l'augmentation des quantités d'ensilage ingérées au cours des deux grands repas, les animaux anosmiques étant moins vite rassasiés que les animaux témoins : ils mangent un peu plus vite et surtout plus longtemps que les animaux témoins. L'odeur des ensilages mal conservés, en renforçant l'effet "rassasiement" observé sur l'ensemble des ensilages, pourrait donc être à l'origine de la faible ingestibilité de ces ensilages. Pour confirmer cette hypothèse sur un plus grand nombre d'échantillons nous avons analysé les

résultats obtenus par DULPHY sur 44 ensilages de graminées à brins courts distribués à des animaux "normaux". Nous avons trouvé une liaison significative entre les quantités d'ensilage ingérées, au cours des grands repas (q_i en g/kg $P^{0,75}$) et d'une part les caractéristiques fermentaires de ces ensilages ($N-NH_3/N_T$ en %; AGV en mmoles) :

$$q_i = -0,004 \text{ AGV} + 12,829 \quad r = -0,441^{**}$$

$$q_i = -0,429 \text{ } N-NH_3/N_T + 14,759 \quad r = -0,534^{**}$$

d'autre part, les durées de ces grands repas (d_i en mn)

$$q_i = 0,141 \text{ } d_i + 5,398 \quad r = 0,568^{**}$$

Lorsque la qualité de conservation des ensilages de graminées diminue, les durées d'ingestion et les quantités ingérées au cours de ces grands repas diminuent aussi, probablement par suite de l'odeur dégagée par ces ensilages.

En résumé, une mauvaise odeur pour les moutons des ensilages mal conservés, due à la présence de produits de dégradation des protéines tel que ammoniac, amines.... pourrait exercer une action répulsive sur l'animal en accélérant le processus de rassasiement par une diminution de la vitesse d'ingestion et de la durée d'ingestion des grands repas ; ces modifications du comportement alimentaire se traduisent par une diminution des quantités journalières ingérées. Dans l'ensemble des autres cas pour lesquels la durée unitaire d'ingestion est notamment égale ou inférieure à celle des fourrages verts (ensilages de légumineuses ou ensilage de graminées bien conservés), les sens, et en particulier l'odorat, ne semblent cependant pas intervenir dans le contrôle des quantités ingérées, ce qui laisse entier le problème des différences de quantités ingérées entre fourrages verts et ensilages bien conservés.

TABLEAU 33 · COMPOSITION CHIMIQUE, CARACTERISTIQUES FERMENTAIRES ET DIGESTIBILITE DES FOURRAGES UTILISES PAR DES MOUTONS FISTULES DU RUMEN.

	Nbre four- rages	% M.S.	CUD MO	(p.100 M.S.)		pH	(g/kg M.S.) Ac.lact.	N-NH ₃ / NT (%)
				MM	MAT CB			
Fourrage vert :	7	17,2 ± 5,5	74,2 ± 8,2	12,2 ± 2,1	15,3 ± 4,1	22,3 ± 3,0	-	-
	1	22,8	62,8	11,0	18,5	27,5	-	-
Ensilage :	5	19,7 ± 0,5	71,8 ± 4,8	10,2 ± 0,5	14,6 ± 2,3	26,2 ± 3,9	71,9 ± 21,1	6,46 ± 1,9
	4	29,3 ± 1,0	63,7 ± 0,8	8,8 ± 1,0	17,2 ± 0,3	29,9 ± 1,3	66,2 ± 10,4	9,04 ± 4,9

Figure 24 : ENREGISTREMENT DE L'ACTIVITE ALIMENTAIRE ET GASTRIQUE D'UN MOUTON RECEVANT UN FOURRAGE VERT (RGI)

Activité alimentaire



Activité gastrique



B/ MESURES DE LA MOTILITE DU RETICULO RUMEN AU COURS DE L'INGESTION

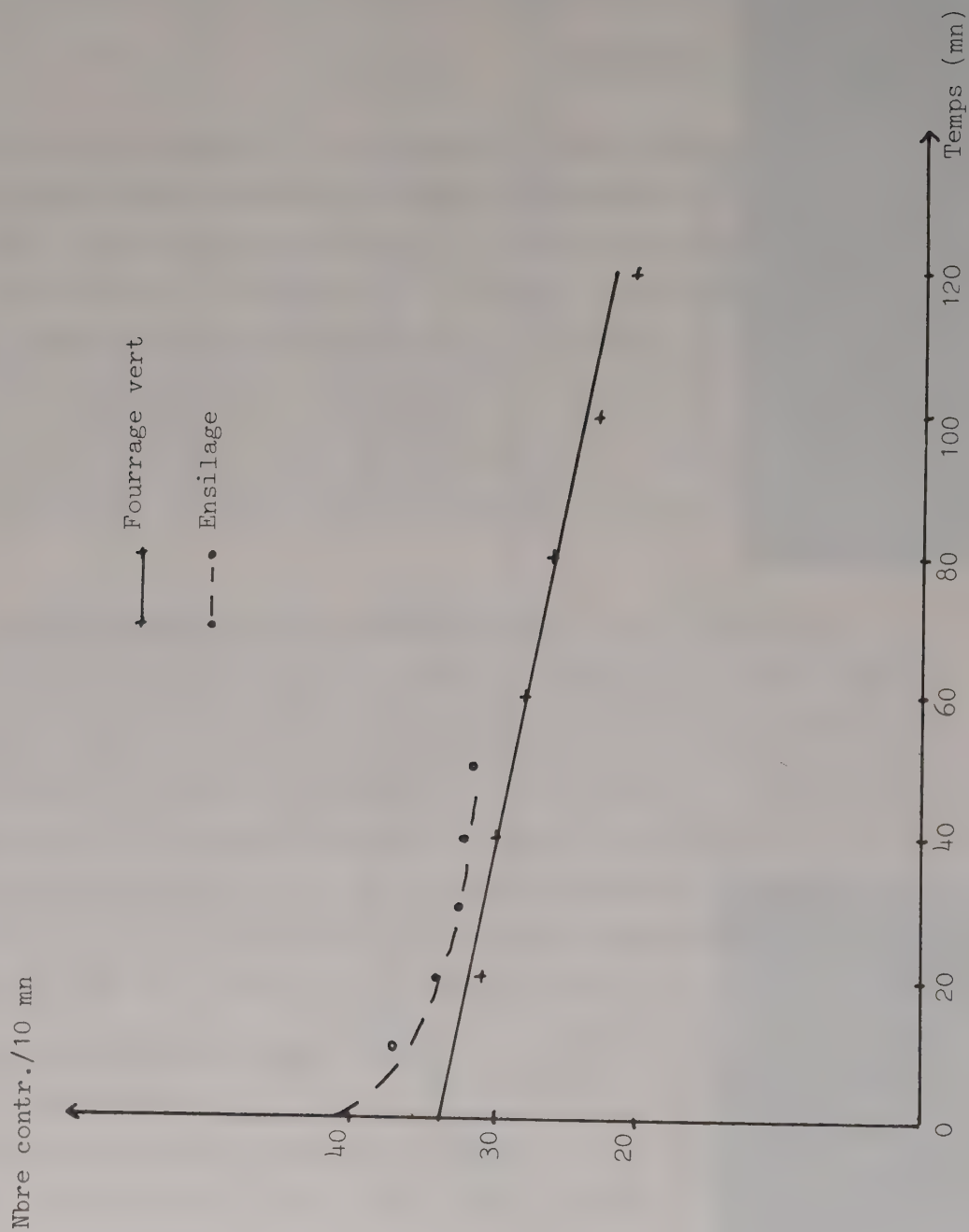
I.- MATERIEL ET METHODES

* 8 fourrages verts (7 graminées - 1 légumineuse) et 9 ensilages (5 graminées - 4 légumineuses) dont les caractéristiques sont rapportées au tableau 33 ont été distribués à 2 béliers adultes porteurs d'une fistule du rumen. Les ensilages ont tous été récoltés avec une ensileuse automotrice (brins courts) de manière à pouvoir étudier l'effet "ensilage" proprement dit sur la motricité gastrique, sans introduire des variations dues à la finesse de hachage des ensilages ; les différents ensilages étaient conservés soit avec, soit sans conservateur. Chaque fourrage a été distribué pendant 12 jours et les mesures ont eu lieu au cours des 3 derniers jours de cette période.

* La motricité ruminale a été enregistrée graphiquement comme nous l'avions fait pour l'étude du comportement alimentaire. Pour mesurer la vitesse des contractions ruminales, nous avons utilisé un ballonnet de caoutchouc souple rempli de mousse de polyuréthane contenant un tuyau de plastique de 10 cm de long, percé de trous; ce ballonnet était lesté de deux poids de 50 g chacun. L'ensemble était relié à un tube d'acier de 3 mm de diamètre (tube pour colonne de chromatographie), et de 50 cm de long, recourbé de manière à pénétrer plus facilement dans le rumen de l'animal ; cette tige permettait de mieux stabiliser le ballonnet dans le rumen, mais elle ~~présentait en même temps~~ l'inconvénient de perturber le ~~comportement de l'animal~~, aussi l'appareil n'était-il placé que pendant la durée du repas. Le tuyau de plastique rigide, placé à l'intérieur du ballonnet, avait pour seul rôle d'éviter l'obstruction de la tige d'acier par la mousse. Le caoutchouc des ballonnets se dégradant rapidement dans le rumen, ceux-ci ont dû être remplacés après chaque changement de régime.

* Comme dans les expériences précédentes, les fourrages ont été distribués ad libitum en deux repas par jour (8 h. et 16 h.) et les enregistrements du comportement alimentaire et de l'activité gastrique (figure 24) ont eu lieu uniquement au cours du premier grand repas de la journée, sur une bande enduite de noir de fumée et se déroulant à une vitesse moyenne de 10 mm/mn environ. Les refus ont été enlevés et pesés après la distribution du repas de 8 h., de manière qu'il soit possible de calculer les quantités ingérées au cours de la période d'enregistrement.

FIGURE 25: CINETIQUE DE LA MOTRICITE AU COURS DE L'INGESTION



* La fréquence des contractions gastriques a été caractérisée par les paramètres suivants :

- Nombre moyen de contractions / 10 minutes :

$$\frac{\text{Nombre de contr. au cours du repas}}{\text{Durée du repas (mn)}} \times 10$$

- Nombre de contractions / 10 minutes au cours des 20 premières minutes du repas,
- nombre de contractions / 10 minutes au cours des 20 minutes suivantes (période allant de 20 minutes à 40 minutes après le début du repas,
- nombre moyen de contractions / 10 g de M.S. ingérée :

$$\frac{\text{Nombre de contr. au cours du repas}}{\text{Quantité ingérée par grands repas (g de MS/an.)}} \times 10$$

Rappelons qu'un cycle d'activité ruminale, lors de l'ingestion, se compose d'1 ou de 2 contractions (cf. Bibliographie) et que le pourcentage de cycles double diminue au cours du repas (BUENO, 1974). Nous avons compté, dans cette expérience, uniquement le nombre de contractions, sans tenir compte des cycles.

II.- RESULTATS

1°/ Comparaison ensilage / fourrage vert :

La fréquence des contractions gastriques a été significativement ($P < 0,01$) plus élevée avec les ensilages : 34,0 contractions / 10 minutes qu'avec les fourrages verts : 28,8 contractions / 10 minutes (analyse d'une expérience factorielle de type 2^2 avec deux facteurs de variation : mode de conservation du fourrage et espèce fourragère). Cette différence entre ensilages et fourrages verts a été beaucoup plus marquée pour les graminées (25 %) que pour les légumineuses (17 %) et au cours des 20 premières minutes du repas (29 %) que sur l'ensemble du repas (18 %). En effet, le nombre de contractions gastriques / 10 minutes a eu tendance à diminuer tout au long du repas de 39,9 à 31,7 pour les ensilages et de 30,9 à 20,7 pour les fourrages verts, mais cette diminution n'a pas été régulière comme le montre la figure 25. La fréquence Y de contractions gastriques a diminué linéairement avec le temps (x) pour les fourrages verts :

TABLEAU 34: COMPORTEMENT ALIMENTAIRE ET ACTIVITE GASTRIQUE DES ANIMAUX RECEVANT DES FOURRAGES VERTS OU DES ENSILAGES

	Nbre four- rages	Q _I ^{10,75} (g/kg P ^{10,75})	q _i ^{10,75} (g/kg P ^{10,75})	dui (mm/g)	Contractions moyennes / 10 mn	Contr. moy./ 10 g de MS ingérée	Contractions / 10 mn (0 - 20')	(20' - 40')
<u>Four. Vert :</u>								
Graminées	7	59,2 ± 11,0	21,9 ± 3,9	4,79 ± 1,31	27,7 ± 1,2	5,6 ± 1,4	30,7 ± 0,9	29,6 ± 1,4
Légumineuses	1	73,3	28,8	3,02	28,4	4,2	31,9	30,7
<u>Ensilage :</u>								
Graminées	5	49,1 ± 15,1	15,9 ± 5,9	3,38 ± 1,09	34,7 ± 1,0	4,6 ± 1,3	36,5 ± 2,6	33,1 ± 1,5
Luzerne	4	57,2 ± 2,0	17,4 ± 2,5	2,73 ± 0,52	33,2 ± 1,6	3,4 ± 0,9	34,1 ± 2,6	30,1 ± 1,5

$Y = -0,102 x + 33,671 \quad r = -0,736^* \quad (n = 80),$
et elle a diminué de façon curvilinéaire pour les ensilages :
 $Y = 0,004 x^2 - 0,402 x + 41,142 \quad r = 0,628^* \quad (n = 64)$

Mais compte tenu du fait que les ensilages étudiés ont été ingérés plus rapidement que les fourrages verts correspondants, quand nous rapportons le nombre de contractions gastriques, non plus à une unité de temps comme précédemment mais à la quantité de fourrage ingérée par le mouton au cours du grand repas, le nombre de contractions / 10 g de MS ingéré a alors été plus faible ($P < 0,05$) pour les ensilages (4,1) que pour les fourrages verts (5,4).

2°/ Variations entre ensilages :

La fréquence moyenne de contractions gastriques a été relativement constante entre ensilages, le coefficient de variation a été de 3 % avec les graminées et de 5 % avec les légumineuses. Mais le nombre moyen de contractions / 10 g de fourrage ingéré a été beaucoup plus variable (tableau 34).

4,6 contr. / 10 g pour les graminées avec C.V. = 28 %
3,4 contr. / 10 g " " légumineuses avec C.V. = 26 %

Il n'a pas été possible de mettre en évidence des liaisons significatives entre les paramètres de la motricité du reticulo-rumen et les caractéristiques chimiques ou fermentaires des ensilages.

III. - D I S C U S S I O N

La fréquence des contractions du reticulo-rumen de moutons recevant des ensilages a été plus élevée que celles des moutons recevant des fourrages verts : l'hypothèse suivant laquelle l'acidité de l'ensilage provoquerait une inhibition des contractions gastriques, ne semble donc pas valable.

Mais ce résultat ne constitue cependant pas une preuve que le rassasiement rapide des moutons recevant de l'ensilage n'est pas d'origine physique, à savoir qu'il pourrait être dû à un encombrement passager du reticulo-rumen au niveau du cardia (DULPHY - DEMARQUILLY, 1972). Cette interprétation est d'ailleurs en accord avec les résultats trouvés précédemment à savoir :

- une diminution du nombre de contractions / 10 g de fourrage ingéré avec les ensilages par rapport aux fourrages verts, la motilité du reticulo-rumen jouant un rôle important dans la dispersion des ingesta au sein du contenu. L'homogénéisation des bols d'ensilages ingérés pourrait donc être moins efficace que celle des fourrages verts;

- l'absence de ce processus de rassasiement rapide chez des génisses (cf. 1ère partie) qui pourrait être attribuée aux particularités anatomiques différentes de ces deux espèces, le repli reticulo-ruminal étant plus développé chez les ovins que chez les bovins (CHURCH, 1969).

Pour vérifier s'il y a ou non encombrement passager du reticulo rumen au niveau du cardia, il serait nécessaire de suivre, par radioscopie, la dispersion dans le reticulo-rumen des bols alimentaires de fourrage vert et d'ensilage, préalablement marqués avec un produit radioopaque (oxyde de chrome ou sulphate de baryum). Nous avons essayé, au cours de l'hiver 1974, de réaliser une telle expérience à l'E.N.V. de Lyon, mais le manque de puissance de l'appareil utilisé (générateur de rayons X avec écran + amplificateur de brillance + chaîne de télévision à enregistrement magnétique) et l'absence de "repères" opaques aux rayons X sur les piliers du reticulo-rumen et le repli reticulo-ruminal, ne nous ont pas permis d'obtenir des images des bols alimentaires.

En définitive, on peut conclure des résultats obtenus dans les essais rapportés au chapitre III que le rassasiement rapide des moutons recevant des ensilages, rassasiement responsable en partie de la faible ingestibilité de ces ensilages, pourrait être dû à un contrôle nerveux de type sensoriel ou digestif ; l'odeur répulsive des ensilages de mauvaise qualité a une action inhibitrice sur l'appétit des ovins. Mais si l'odeur peut expliquer en partie la faible ingestibilité des ensilages mal conservés, le problème subsiste encore pour les ensilages bien conservés. L'hypothèse suivant laquelle les ingesta provoqueraient un encombrement rapide du reticulo rumen au niveau du cardia reste valable mais cet encombrement, s'il existe vraiment, n'est pas due à une diminution de la motilité du reticulo rumen. Il pourrait être dû

à la densité élevée des ensilages, étant donné le tassement auquel ils sont soumis dans les silos.

Quant à l'hypothèse souvent émise que les quantités d'ensilage d'herbe ingérées pourraient être en partie soumises à un contrôle de type métabolique, elle est à nouveau infirmée. Pourquoi ce contrôle de type métabolique s'exercerait-il sur les animaux "normaux" et non sur les animaux privés d'odorat ?

Tableau 35 :

VARIATIONS DE LA DIMINUTION D'INGESTIBILITE DES ENSILAGES PAR RAPPORT A CELLE DES FOURRAGES VERTS.

	Ensilages avec conservateur de		Ensilages à brins courts de	
	Graminées (n = 4)		Graminées (n = 3)	
	à B.C.	à B.L.	avec cons.	Légumineuses avec cons.
Ovins	79	46	77	94
Bovins	107	85	98	95
				80
				91

DISCUSSION - CONCLUSION

L'ingestibilité des ensilages dépend comme celle de tout fourrage conservé de celle des fourrages verts sur pied. Nous avons donc choisi de l'exprimer en pourcentage de l'ingestibilité en vert, comme l'avait déjà fait DEMARQUILLY en 1973, pour qu'elle soit indépendante de l'ingestibilité de la plante sur pied. En accord avec les travaux de MOORE (1960), GORDON (1961), HARRIS (1963), ZELTER (1967) et DEMARQUILLY (1973), les résultats que nous avons obtenus montrent que cette diminution, importante et très variable, dépend (tableau 35) :

- de la finesse de hachage des ensilages : la diminution d'ingestibilité est beaucoup plus élevée pour les ensilages à brins longs que pour les ensilages à brins courts, ces résultats sont d'ailleurs en accord avec ceux de HARRIS (1963) et DULPHY (1972-73),

- de la qualité de conservation des ensilages : comme l'avaient déjà montré WILKINS (1971), BROWN (1972) et DEMARQUILLY (1973), nous avons trouvé que la diminution d'ingestibilité entre la plante ensilée et la plante sur pied est d'autant plus importante que les ensilages sont plus mal conservés,

- de l'espèce animale : comme nous l'avons rapporté précédemment (DULPHY - MICHALET, 1975), les génisses sont beaucoup moins sensibles que les moutons à l'effet de la finesse de hachage des ensilages et ne présentent pas ce phénomène de rassasiement rapide.

Cette étude n'a cependant pas été entreprise pour vérifier les résultats trouvés précédemment sur les variations des quantités d'ensilage ingérées, mais plutôt pour en trouver les causes. Bien que les études faites dans ce but aient été nombreuses tant aux Etats-Unis (Beltsville) que dans les îles britanniques (Hurley, Reading), elles n'ont pas encore fourni d'explications satisfaisantes. C'est pourquoi nous avons été amenés à aborder ce problème en étudiant de façon précise le comportement alimentaire et mérycique des animaux et en nous intéressant plus particulièrement à l'influence de la finesse de hachage sur les quantités d'ensilage ingérées puisque c'est pour les ensilages à brins longs que la diminution d'ingestibilité est la plus forte. Quels sont les principaux points acquis à la suite de nos travaux ?

I.- EFFET DE LA FINESSE DE HACHAGE

La diminution d'ingestibilité observée avec les ensilages réalisés à la machine à fléaux (brins longs) est due essentiellement à l'augmentation de la longueur des brins d'ensilage. La diminution de la qualité de conservation de ces ensilages ne jouant qu'un rôle minime puisqu'il suffit de hacher les ensilages à brins longs à la sortie du silo pour que les quantités d'ensilage ingérées soient alors voisines de celles des ensilages à brins courts (1ère partie). Mais par quels mécanismes l'augmentation de la longueur des brins d'ensilage entraîne-t-elle diminution de la quantité ingérée ? Nous avons montré que :

- la vitesse de digestion dans le rumen des ensilages est indépendante de leur finesse de hachage (2ème partie),
- les poids de contenu de rumen varient dans le même sens que les quantités ingérées, celles-ci ne sont donc pas limitées par la distension du reticulo-rumen (2ème partie),
- la taille des particules du contenu ruminal des moutons recevant des ensilages à brins longs est inférieure, du moins dans nos essais, à celle des moutons recevant des ensilages à brins courts (2ème Partie). Le passage de longues particules dans le rumen ne peut donc être à l'origine des perturbations du comportement mérycique (augmentation du temps de latence, pseudo-rumination) que nous avons enregistrée avec des moutons recevant des ensilages à brins longs (1ère partie). Ces perturbations sont vraisemblablement la conséquence (et non la cause) du faible contenu ruminal.

Aucune des hypothèses étudiées ne pouvant être retenues, nous avons été amenés à en proposer une autre : les quantités d'ensilage ingérées seraient fonction de leur vitesse d'ingestion. A partir de l'étude du comportement alimentaire des animaux recevant des ensilages différents par leur finesse de hachage, nous avons montré qu'une augmentation de la durée unitaire d'ingestion se traduisait par une diminution des quantités d'ensilage ingérées chez les ovins comme chez les bovins. L'augmentation de la DUI étant moins importante chez les génisses que chez les moutons, la diminution des quantités ingérées est elle-aussi moins importante. Cette augmentation de la DUI résulte essentiellement du fait que la réduction de la taille des brins d'ensilage a lieu essentiellement au cours de l'ingestion. Le nombre de

de coups de mâchoire par g de fourrage ingéré est donc beaucoup plus élevé pour les ensilages à brins longs que pour les ensilages à brins courts (1ère partie). Les différences de réactions entre bovins et ovins vis à vis de la finesse de hachage des ensilages peuvent résulter :

- soit du fait que la mastication lors de l'ingestion est plus efficace chez la génisse que chez le mouton,
- soit du fait que, compte tenu de la taille plus importante de leurs réservoirs gastriques et de leur orifice reticulo-omasal, les génisses peuvent ingérer des particules de taille moins réduite.

Pour choisir entre ces 2 hypothèses, il nous aurait fallu abattre des génisses pour étudier la granulométrie de leur contenu ruminal. La perte financière résultant de cet abattage ne nous a pas permis de le réaliser.

II.- EFFET DE LA QUALITE DE CONSERVATION

Dès 1966, HARRIS et Mc CULLOUGH suggéraient que la faible ingestibilité des ensilages d'herbe pourrait être associée à leur teneur élevée en acides organiques. Les variations de quantité d'ensilage ingérées, exprimées en pourcentage des quantités ingérées en vert, sont en effet liées à la concentration en A.G.V. de ces ensilages (WILKINS, 1971 - DEMARQUILLY, 1973), les mécanismes par lesquels ces acides organiques réduisent l'ingestion d'ensilage ont été discutés par RAYMOND (1969), mais aucun d'eux n'a encore été entièrement confirmé :

- l'apport d'acide organique à des ensilages a d'ailleurs donné des résultats contradictoires (Mc LEOD, 1970 - HUTCHINSON, 1971),
- les quantités d'acides gras volatils ingérées au cours de la journée, et pendant le repas principal faisant suite à la distribution du fourrage, sont extrêmement variables.

Les études réalisées principalement à Hurley pour mettre en évidence un contrôle de type métabolique n'ayant par apporté de réponses définitives, nous avons abordé le problème d'une manière plus globale et nous avons mis l'accent sur l'étude du comportement alimentaire. Comme lors de l'étude de l'influence de la

finesse de hachage des ensilages sur le comportement alimentaire des animaux, nous avons montré qu'une diminution de la qualité de conservation des ensilages se traduit par une augmentation de la durée unitaire d'ingestion par jour et par grands repas, et par une diminution des quantités ingérées. Nous avons montré aussi que les ensilages mal conservés exercent, sur les moutons, une action "répulsive" par leur odeur, action qui se manifeste par une diminution de la vitesse d'ingestion de ces ensilages et de la durée des 2 repas principaux. Mais le problème sensoriel est-il le seul à être impliqué dans ce processus ? D'autres facteurs interviennent-ils pour modifier la durée des repas principaux et la vitesse d'ingestion des ensilages suivant leur qualité de conservation ? Ces deux points resteraient à étudier.

Il reste enfin à expliquer pourquoi, lorsque tous les facteurs apparemment favorables à une ingestion élevée sont réunis, les moutons n'ingèrent sous forme d'ensilage que 80 % des quantités ingérées en vert, alors que les génisses ingèrent 100 %.

III.- EFFET DE L'ESPECE ANIMALE

Quand les moutons ingèrent des ensilages à brins courts bien conservés, le niveau d'ingestion reste toujours inférieur à celui du fourrage vert, la distension du rumen ne peut être un facteur limitant des quantités d'ensilage ingérées étant donné que le rumen des animaux recevant ces ensilages est beaucoup moins plein que celui des animaux recevant des fourrages verts. Pour des fourrages de même origine la vitesse de digestion est certes plus élevée avec des fourrages verts qu'avec des ensilages, mais cette différence ne peut expliquer à elle seule la diminution des quantités d'ensilage ingérées par les ovins.

Cela nous a conduit à reprendre les études comparées du comportement alimentaire des ovins et des bovins : quand les moutons reçoivent des ensilages, à B.C. bien conservés, les quantités ingérées lors des repas faisant suite à la distribution du fourrage sont bien inférieures à celles ingérées en vert, alors qu'elles sont identiques pour les génisses (1ère partie). Ce rassasiement rapide des ovins explique, à lui seul ou presque, l'ingestibilité plus faible pour le mouton et pour

la génisse de l'ensilage à brins courts bien conservés par comparaison au fourrage vert. Le problème se pose alors de l'origine de ce rassasiement rapide particulier aux moutons :

- DULPHY (1975) a émis l'hypothèse que le rassasiement rapide des moutons pourrait être d'origine métabolique et d  à des éléments chimiques contenus dans l'ensilage. Cependant la nature de ces éléments reste inconnue, et d'autre part l'absence de ce rassasiement chez les génisses laisserait supposer une différence de sensibilité suivant l'espèce animale considérée. Par ailleurs, dans le cas d'ensilages mal conservés pourquoi le rassasiement serait-il beaucoup plus rapide chez les moutons "normaux" que chez les moutons privés d'odorat si ce rassasiement était vraiment d'origine métabolique,

- on peut aussi penser à un encombrement passager des ingesta au niveau du cardia chez le mouton, encombrement qui n'aurait pas lieu chez les génisses par suite des particularités anatomiques différentes de ces espèces. Cette hypothèse reste cependant à vérifier.

*

*

*

Notre travail a en définitive fait progresser les connaissances en ce qui concerne les causes de variations de la quantité d'ensilage ingérée mais ne les a pas explicitées entièrement. Il était d'ailleurs présomptueux de notre part de vouloir apporter une réponse définitive à ce problème étudié depuis plusieurs décennies par de nombreux chercheurs qui n'ont pu qu'émettre des hypothèses dont aucune ne donne entière satisfaction. Profitant des résultats déjà acquis par d'autres, nous avons abordé ce problème en employant des méthodes d'études différentes, utilisant notamment l'analyse détaillée du comportement alimentaire et mérycique des animaux. Cela nous a permis de montrer que, quel que soit le facteur étudié (finesse de hachage, qualité de conservation, etc....) les variations d'ingestibilité entre ensilages étaient toujours liées aux variations de vitesse d'ingestion. Celle-ci s'exprime en g de M.S. ingérée / mn, et elle correspond à l'inverse de la DUI qui est le paramètre caractérisant le comportement dans cette étude. Les variations de la vitesse d'ingestion semblent donc être bien la cause des variations de la quantité d'ensilage ingérée. Mais quelles sont alors les causes des variations de la vitesse d'ingestion. Nous avons certes émis un certain nombre d'hypothèses cohérentes pour expliquer comment les variations de la vitesse d'ingestion peuvent modifier les quantités ingérées mais ces hypothèses restent à vérifier.

METHODE DE CALCUL DE L'INDICE DE FINESSE

Le mode de calcul utilisé ici est légèrement différent de celui décrit par l'American Society of Agricultural Engineers (1967), nous avons remplacé la numérotation arbitraire attribuée au tamis (cf THOMSON, 1972) par la taille de l'ouverture des mailles du tamis correspondant.

CALCUL DE L'INDICE DE FINESSE
(*bol mérycique avant mastication de fétuque brins courts*)

Résultats granulométriques		Méthode ASAE	Méthode utilisée
Taille des tamis (mm)	Poids des particules	Pourcentage de distribution des particules	Pourcentage de distribution des particules
1,25	0,2983	29,49 x 6 = 176,94	29,49 x 1,25 = 36,86
1,00	0,0304	3,00 x 5 = 15,00	3,00 x 1,00 = 3,00
0,40	0,1578	15,60 x 4 = 62,40	15,60 x 0,40 = 6,24
0,160	0,2002	19,79 x 3 = 59,37	19,79 x 0,160 = 3,17
0,100	0,0702	6,94 x 2 = 13,88	6,94 x 0,100 = 0,69
0,050	0,0241	2,38 x 1 = 2,38	2,38 x 0,050 = 0,12
< 0,050	0,1475	14,58 x 0 = 0	14,58 x = 0
pertes	0,0829	8,20 x 0 = 0	8,20 x 0 = 0
total	1,0114	100 329,97	100 50,08
INDICE DE FINESSE :		3,30	50,08

DISTRIBUTION DES PARTICULES DANS LES BOLS ET LES CONTENUS GASTRIQUES

Tableau A

REPARTITION SUIVANT LEUR TAILLE DES PARTICULES DES BOLS
ISSUS D'ENSILAGE DE RGI

Taille d'ouverture du tamis	Ensilage à brins longs			Ensilage à brins courts		
	ingéré	avant mastication	après mastication	ingéré	avant mastication	après mastication
1,25	52,45	27,25	5,39	47,62	22,17	8,94
1,00	0,91	2,09	2,27	1,58	1,85	3,85
0,40	4,95	9,76	9,67	4,63	1,76	18,70
0,160	5,04	9,85	8,95	4,08	18,43	24,22
0,100	1,33	3,76	4,48	1,59	4,83	5,84
0,050	1,53	2,05	1,84	0,90	2,67	3,68
< 0,050	13,37	11,09	12,03	4,45	10,40	9,06
pertes	20,42	34,15	55,37	35,15	37,89	25,71

Tableau B

REPARTITION SUIVANT LEUR TAILLE DES PARTICULES DE BOLS
ISSUS D'ENSILAGE DE FETUQUE

Taille d'ouverture du tamis	Ensilage à brins longs			Ensilage à brins courts		
	ingéré	avant mastication	après mastication	ingéré	avant mastication	après mastication
1,25	64,11	25,31	13,81	58,41	22,33	18,45
1,00	1,79	2,70	4,22	1,41	2,52	4,18
0,40	4,02	11,88	17,95	3,02	12,67	15,38
0,160	3,66	13,72	19,17	2,34	15,94	10,21
0,100	0,30	3,40	6,27	6,57	6,15	5,15
0,050	0,61	2,04	3,22	0,54	2,53	11,84
< 0,050	5,36	14,79	13,24	5,72	13,57	13,91
pertes	20,15	16,16	22,12	21,99	24,29	20,88

Tableau C

REPARTITION SUIVANT LEUR TAILLE DES PARTICULES DES CONTENUS RUMINAUX

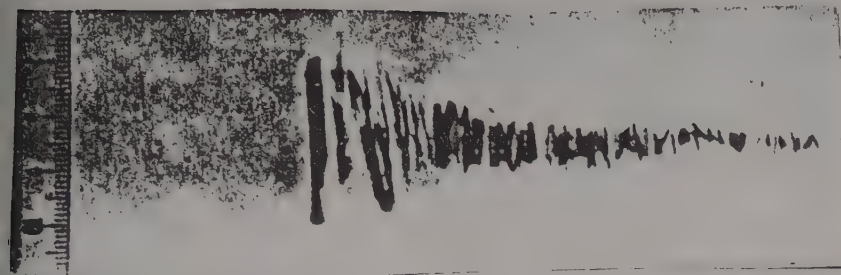
Taille d'ouverture du tamis	Fourrage vert à brins		Ensilage RGI à brins		Ensilage fétu- que à brins		Ensilage RGI à brins	
	longs	courts	longs	courts	longs	courts	longs hachés	courts
1,25	21,76	30,97	17,63	31,87	23,49	35,30	28,25	31,84
1,00	1,35	1,48	2,28	2,08	2,11	2,76	2,64	3,11
0,40	8,46	10,29	13,44	13,61	10,82	11,34	13,86	14,43
0,160	13,53	13,90	13,74	14,10	17,46	14,36	11,60	12,67
0,100	5,13	4,15	6,29	4,74	8,11	5,37	4,17	4,21
0,050	3,15	2,23	2,77	2,07	4,15	2,76	1,87	2,40
< 0,050	36,70	21,82	27,90	20,28	26,61	23,93	24,97	20,54
pertes	9,91	15,06	15,85	11,25	7,25	4,18	12,64	10,80

Tableau D

REPARTITION SUIVANT LEUR TAILLE DES PARTICULES DES CONTENUS DU FEUILLET

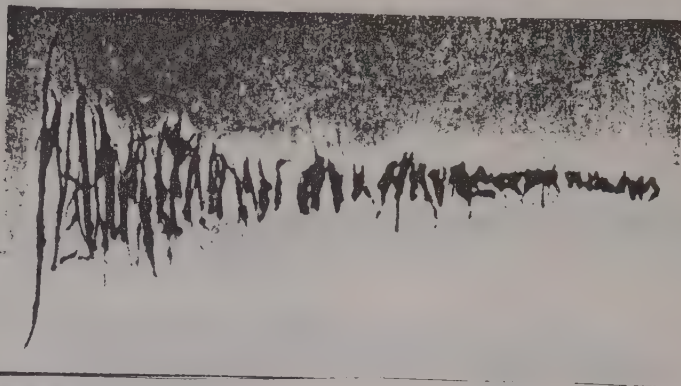
Taille d'ouverture du tamis	Fourrage vert à brins		Ensilage RGI à brins		Ensilage fétuque à brins	
	longs	courts	longs	courts	longs	courts
1,25	3,66	6,16	1,92	5,14	1,55	6,71
1,00	7,69	1,36	0,71	1,29	0,92	1,69
0,40	11,10	15,47	11,30	14,73	11,01	13,96
0,160	16,48	21,92	25,85	24,28	24,55	23,00
0,100	7,98	7,79	9,97	10,35	12,40	10,56
0,050	4,87	4,51	6,28	5,29	7,59	5,21
< 0,050	40,35	30,96	39,38	32,67	32,24	35,96
pertes	8,39	11,82	4,59	6,25	19,74	2,91

Ensilage de R.G.I.

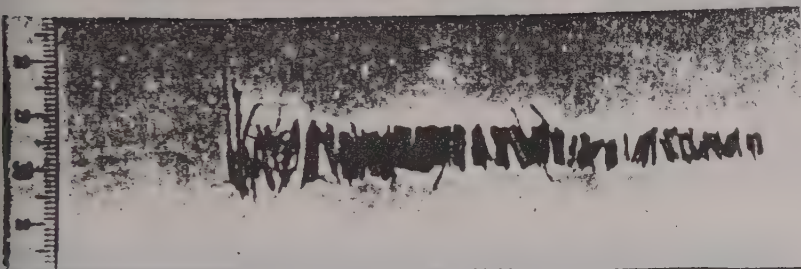


Ensilage à brins longs
Animaux abattus à 10 heures

Ensilage à brins courts
Animaux abattus à 10 heures



Ensilage à brins longs
Animaux abattus à 14 heures



Ensilage à brins courts
Animaux abattus à 14 heures.

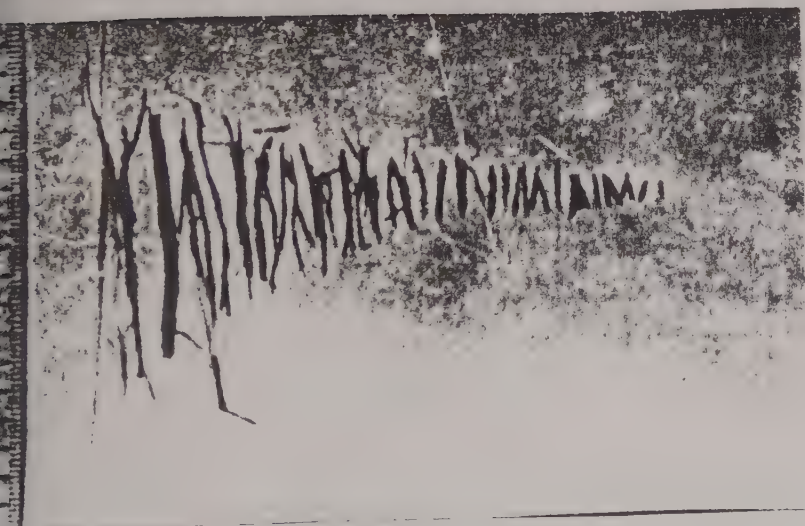
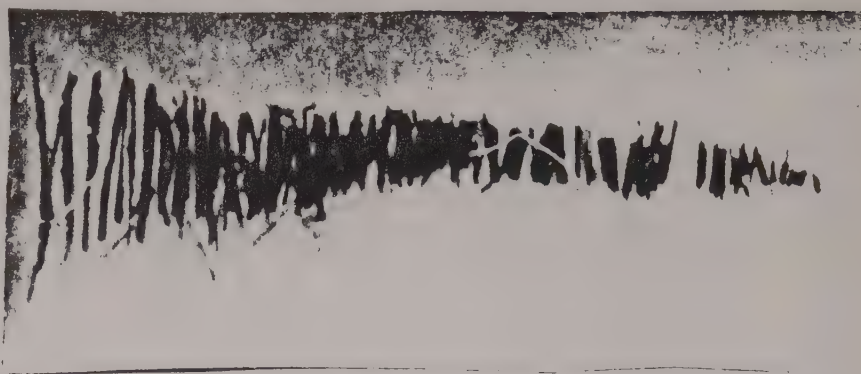


Ensilage de Fétuque



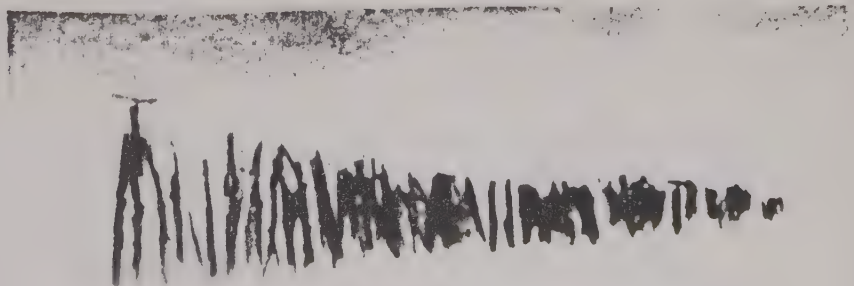
Ensilage à brins longs
Animaux abattus à 10 h.

Ensilage à brins courts
Animaux abattus à 10 heures



Ensilage à brins longs
Animaux abattus à 14 heures

Ensilage à brins courts
Animaux abattus à 14 heures



Annexe 4 :

QUANTITES D'ENSILAGE INGEREES PAR DES ANIMAUX AVEC OU SANS ODORAT

Année	VARIETE	A.G.V. (g/kg MS)	N-NH ₃ / N _T (%)	Quantité ingérée par :		
				Lot témoin (g/kg P ^{0,75})	Lot anosmi- que (g/kg P ^{0,75})	Lot anosmi- (% lot témoin)
973- 1974	Prairie naturelle	77,29	12,86	33,5	40,8	122
	R.G.I.	14,09	6,84	47,5	59,9	126
	R.G.I.	12,83	7,14	22,6	24,9	110
	Fétuque	25,20	8,62	33,5	49,6	148
	Fétuque	53,85	15,70	21,9	33,0	151
	Luzerne	86,87	9,74	73,0	64,5	92
	Luzerne	22,96	6,67	66,8	60,7	91
974- 1975	R.G.A.	22,39	7,23	64,3	58,2	91
	R.G.I.	24,15	6,30	53,4	51,1	96
	Luzerne	24,26	7,88	66,5	65,0	98
	Luzerne	14,64	4,87	74,1	70,1	95

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- AKESTER A.R., TITCHEN D.A., 1969. Radiographic studies of the reticulo rumen in the sheep. *J. Anat.*, 104, 137-151.
- ALI T.M., SINGLETON A.G., 1974. Pressure changes in the oesophagus of sheep during rumination. *J. of Phys.*, 239, 40-41 p.
- ALLDEN W.G., WHITTAKER I.A., Mc D.A., 1970. The determinants of herbage intake by grazing sheep. The interrelationship of factors influencing herbage intake and availability. *Aust. J. Agric. Res.*, 21, 755-766.
- AMERICAN SOCIETY OF AGRICULTURAL ENGINEERS, 1967. Methods of determining modulus of uniformity and modulus fineness of ground feed. *Am. Soc. Agric. Engrs.*, p. 301.
- AMOS H.E., LITTLE C.O., MITCHELL G.E., 1971. Proline utilization during cellulose fermentation by rumen microorganisms. *J. Agr. Food. Chem.*, 19, 112-115.
- ANAND B.K., BROBECK J.R., 1951. Hypothalamic control of food intake in rats and cats. *Yale J. Biol. Med.* 24, 123-140.
- ASH R.W., 1956. Inhibition of reticulo rumen contractions by acid. *J. Physiol.*, London, 133, 75-76.
- BAILE C.A., PFANDER W.H., 1966. A possible chemosensitive regulatory mechanism of ovine feed intake. *Amer. J. Phys.*, 210, 1243-1248.
- BAILE C.A., MAYER J., 1967. Intragastric injections of liquid diet, water and acetate and meal patterns of goats. *Amer. J. Phys.*, 213, 387-392.
- BAILE C.A., MAYER J., Mc LAUGHLIN C., 1969. Feeding behavior of goats : ruminal distension, ingesta dilution, and acetate concentration. *Amer. J. Phys.*, 217, 397-402.
- BAILE C.A., MAYER J., 1969. Depression of feed intake of goats by metabolites injected during meals. *Amer. J. Phys.*, 217, 1830-1836.
- BAILE C.A., 1969. Propionate as a possible feedback for control of meal size of ruminants. *Fed. Proc.*, 28, 491.
- BAILE C.A., MAYER J., MAHONEY A.W., Mc LAUGHLIN C., 1969. Hypothalamic hyperphagia in goats and some observations of its effect on glucose utilization rate. *J. Dairy Sci.*, 52, 101-109.

- BAILE C.A., Mc LAUGHLIN C.L., 1970. Feed intake of goats during volatile fatty acid injections into four gastric areas. J. Dairy Sci., 53, 1058-1063.
- BAILE C.A., 1971. Control of feed intake and the fat depots. J. Dairy Sci., 54, 564-582.
- BAILE C.A., MARTIN F.H., 1971. Hormones and amino acids as possible factors in the control of hunger and satiety in sheep. J. Dairy Sci., 54, 897-905.
- BAILEY C.B., BALCH C.C., 1961. Saliva secretion and its relation to feeding in cattle. 2.- The composition and rate of secretion of mixed saliva in the cow during rest. Brit. J. Nutr., 15, 383-389.
- BAILEY C.B., 1961. Saliva secretion and its relation to feeding in cattle . 3.- The rate of secretion of mixed saliva in the cow during eating, with an estimate of the magnitude of the total daily secretion of mixed saliva. Brit. J. Nutr., 15, 443-451.
- BAILEY R.W., JONES D.I.H., 1971. Pasture quality and ruminant nutrition. III.- Hydrolysis of rye-grass structural carbohydrates with carbohydrases in relation to rumen digestion. N.Z. J. Agric. Res., 14, 847-857.
- BALCH C.C., KELLY A., HEIM G., 1951. Factors affecting the utilization of food by dairy cows. 4.- The action of the reticulo-omasal orifice. Brit. J. Nutr. 5, 207-216.
- BALCH C.C., 1952. Factors affecting the utilization of food by dairy cows. 6.- The rate of contraction of the reticulum. Brit. J. Nutr., 6, 366-375.
- BALCH C.C., 1958. Digestion in the rumen. Outlook in Agric., 2, 33-43.
- BALCH C.C., 1958. Observations on the act of eating in cattle. Brit., J. Nutr., 12, 330-345.
- BALCH C.C., CAMPLING R.C., 1962. Regulation of voluntary food intake in ruminants. Nutr. Abstr. rev., 32, 669-686.
- BALCH C.C., CAMPLING R.C., 1969. Voluntary intake of food. Handbuck der Tierern. 1, 554-579. Paul Parey Ed..
- BALCH C.C., 1971. Proposal to use time spent chewing as an index of the extent to which diets for ruminants possess the physical property of fibrousness characteristic of roughages. Brit. J. Nutr. 26, 383-392.

- BARKER J.B., SUMMERSON W.H., 1941. The colorimetric determination of lactic acid in biological material. *J. Biol. Chem.*, 138, 535.
- BECKER E.E., KISSILEF H.R., 1974. Inhibitory controls of feeding by the ventro-medial hypothalamus. *Amer. J. Phys.*, 226, 383-396.
- BEEVER D.E., OUTEN G.E., THOMSON D.J., HILL I.W., 1970. The digestion and absorption of carbohydrates and lipids in forage-based diets. Annual Report G.R.I., Hurley 70-71.
- BELL F.R., LAWN A.M., 1958. The pattern of rumination behaviour in housed goats *Brit. J. Anim. Behav.*, 5, 85-89.
- BELL F.R., 1959. Preference thresholds for taste discrimination in goats. *J. Agric., Sci.*, 52, 125-128.
- BELL F.R., 1961. Some observations on the physiology of rumination. *Dig. Phys. and Nutr. of rum.* 59-67.
- BEN SAUD S., 1970. Voluntary intake of roughage diets by ruminants. *Proc. Nutr. Soc.*, 29, 32 A-33 A.
- BERGEN W.G., 1972. Rumen osmolarity as a factor in feed intake control of sheep. *J. Anim. Sc.* 34, 1054-1060.
- BERNARD R.A., KARE M.R., 1961. Neural and behavioral taste responses in the calf. *J. Anim. Sc.* 20, 965.
- BHATTACHARYA A.N., WARNER R.G., 1967. Rumen pH as a factor for controlling feed intake in ruminants. *J. Dairy Sci.*, 50, 1116-1119.
- BHATTACHARYA A.N., WARNER R.G., 1968. Influence of varying rumen temperature on central cooling or warming and on regulation of voluntary feed intake in dairy cattle. *J. Dairy Sci.*, 51, 1481-1489.
- BINES J.A., 1968. Variation in relation to feeding, in the levels of certain energy yielding metabolites in the blood of a cow receiving an all-concentrate or all hay diet. *Proc. Nutr.* 27, 15-17 A.
- BINES J.A., SUZUKI S., BALCH C.C., 1969. The quantitative significance of long term regulation of food intake in the cow. *Brit. J. Nutr.* 23, 695-704.
- BINES J.A., DAVEY A.W.F., 1970. Voluntary intake, digestion, rate of passage, amount of material in the alimentary tract and behaviour in cows receiving complete diets containing straw and concentrates in different proportions. *Brit. J. Nutr.*, 24, 1013-1028.

- BLAXTER K.L., WAINMAN F.W., WILSON R.S., 1961. The regulation of food intake by sheep. *Anim. Prod.*, 3, 51-61.
- BLAXTER K.L., WAINMAN F.W., DAVIDSON J.L., 1966. The voluntary intake of food by sheep and cattle in relation to their energy requirements for maintenance. *Anim. Prod.*, 8, 75-83.
- BOLING J.A., KOWALCZIK J., HAUSER E.R., 1969. Short term voluntary feed intake and rumen volatile fatty acids of steers fed diets diluted with polyethylene particles. *J. Anim. Sc.* 28, 84-89.
- BOST J., RUCKEBUSCH Y., 1962. Contribution à l'étude des phénomènes mécaniques de la digestion chez les ruminants.
- BOST J., RUCKEBUSCH Y., 1962. Sur l'autonomie du centre de la rumination et sa mise en jeu réflexe. *J. Phys.*, 54, 299-300.
- BOST J., 1969. Omasal physiology. *Prod. the 3rd Intern. Symp.* 52-65.
- BROBECK J.R., 1948. Food intake as a mechanism of temperature regulation *Yale J. Biol. Med.*, 20, 545-552.
- BROWN D.C., RADCLIFFE J.C., 1972. Relationship between intake of silage and its chemical composition and in vitro digestibility. *Austr. J. Agric. Res.*, 23, 25-33.
- BRUCE L.A., HUBER T.L., 1973. Inhibitory effect of acid in the intestine on rumen motility in sheep. *J. anim. Sc.*, 37, 164-168.
- BUENO L., RUCKEBUSCH Y., 1974. The cyclic motility of the omasum and its control in sheep. *J. Physiol.*, 228, 295-312.
- BUENO L., RUCKEBUSCH Y., 1974. Contrôle de l'ingestion alimentaire par des chemorécepteurs duodénaux chez les ruminants. *C.R. Acad., Sci., Paris*, 279, 409-412 D.
- BUENO L., TOUTAIN P.L., 1974. Motricité gastrique et transit alimentaire chez les petits ruminants. *Rev. Med. Vet.*, 125, 947-958.
- CAMPLING R.C., BALCH C.C., 1961. Factors affecting the voluntary intake of food by cows. I.- Preliminary observations on the effect, on the voluntary intake of hay, of changes in the amount of the reticulo ruminal contents *Brit. J. Nutr.*, 15, 523-530.
- CAMPLING R.C., 1964. Factors affecting the voluntary intake of grass. *J. Brit. Grassld. Soc.* 19, 110-118.

- CAMPLING R.C., 1966. The intake of hay and silage by cows. J. Brit. Grassld soc., 21, 41-48.
- CAMPLING R.C., 1969. Physical regulation of voluntary intake. In Phillipson A.T. : Physiology of digestion and metabolism in the ruminant; p. 226-234. Oriel Press.
- CARR S.B., JACOBSON D.R., 1967. Intraruminal addition of mass or removal of rumen contents on voluntary intake of the bovine. J. Dairy Sc. 50, 1814-1818.
- CHAPUT M., HOLLEY A., 1974. Stomach distension modulates olfactory bulb responses to food odour in rats. 1st Cong. Europ. Chemoreception res. org..
- CHURCH D.C., 1969. Digestive physiology and nutrition of ruminants. 1, 5-25. Ed. Corvallis, OSU Book stores.
- CHURCH D.C., 1971. Digestive physiology and nutrition of ruminants. 2, 737-762. Ed. Corvallis, OSU Book stores.
- CONRAD H.R., 1966. Symposium on factors influencing the voluntary intake of herbage by ruminants : physiological and physical factors limiting feed intake J. Anim. Sc., 25, 227-235.
- CRAMPTON E.W., 1957. Interrelations between digestible nutrient and energy content, voluntary dry matter intake, and the overall feeding value of forages. J. Anim., Sc., 16, 546-552.
- DELMAS A., 1969. Voies et Centres Nerveux. Ed. Masson.
- DEMARQUILLY C., JOURNET M., 1967. Valeur alimentaire des foin condensés. I. Influence de la nature du foin et de la finesse de broyage sur la digestibilité et la quantité ingérée. Ann. Zoot ., 16, 123-150.
- DEMARQUILLY C., 1969. Mémoire Maître de Recherches.
- DEMARQUILLY C., CHENOST M., 1969. Etude de la digestion des fourrages dans le rumen par la méthode des sachets de nylon. Liaisons avec la valeur alimentaire. Ann. Zootech. 18, 419-436.
- DEMARQUILLY C., WEISS Ph., 1971. Liaisons entre les quantités de matière sèche des fourrages verts ingérés par les moutons et celles ingérées par les ovins. Ann. Zootech., 20, 119-134.
- DEMARQUILLY C., 1973. Principes de base de l'ensilage. Fourrages 56, 15-25.

- DEMARQUILLY C., JARRIGE R., 1973. The comparative nutritive value of grasses and legumes. Fed. Europ. des Herbages, Uppsala.
- DEVUYST A., VANBELLE M., 1964. Les bases scientifiques de l'ensilage. Agricultura 12, 125-140.
- DEVUYST A., VERVACK W., VANBELLE M., JADIN V., 1971. Composition en acides aminés de la protéine des fourrages verts et dégradation de cette protéine au cours de l'ensilage. Action des conservants sur cette dégradation. Zeitsch. Tierphys. Tiern. Futterm. 27, 82-99.
- DEVUYST A., ARNOULD R., VANBELLE M., DESWYSEN A., 1974. Effets de l'acétate de sodium sur les fermentations dans le rumen et sur l'appétit. Zeitsch. Tierphys. Tiern. Futterm. 32, 279-280.
- DEWAR W.A., Mc DONALD P., WHITTENBURY R., 1963. The hydrolysis of grass hemicelluloses during ensilage. J. Sci., Fed. Agric., 14, 411-417.
- DEWAR W.A., Mc DONALD D. P., 1961. Determination of dry matter in silage by distillation with toluene. J. Agric. Sci., 5, 271-283.
- DOUGHERTY R.W., MEREDITH C.D., 1955. Cinefluoro graphic studies of the ruminant stomach and of eructation. Amer J. of Vet. Res., 16, 96-100.
- DOWDEN D.R., JACOBSON D.R., 1960. Inhibition of appetite in dairy cattle by certain intermediate metabolites. Nature 188, 148-149.
- DRACY A.E., KURTENBACH A.J., SANDER D.E., BUSCH L.F., 1972. Pressure patterns in the reticulum of the cow. J. Dairy Sci., 55, 1156-1159.
- DUCKWORTH J.E., SHIRLAW D.W., 1958. Study of factors affecting feed intake and the eating behaviour of cattle. Anim. Behav. 6, 147-154.
- DULPHY J.P., 1971. Caractéristiques du comportement alimentaire du mouton recevant des ensilages de fourrages verts. Ann. Biol. Anim. Biophys. Bioch. 11, 287-289.
- DULPHY J.-P., 1971. Influence du poids vif et du niveau d'ingestion sur le comportement alimentaire et mérycique du mouton. Ann. Zootech., 20, 477-486.
- DULPHY J.-P., DEMARQUILLY C., 1972. Influence de la machine de récolte sur la valeur alimentaire des ensilages. Ann. Zootech., 21, 163-173.

- DULPHY J.-P., 1972. Etude de quelques relations entre le mode de conservation du fourrage ingéré et le comportement alimentaire et mérycique des moutons. Ann. Zootech., 21, 429-441.
- DULPHY J.-P., DEMARQUILLY C., 1972. Influence de la finesse de hachage des ensilages de graminées sur le comportement alimentaire des moutons. Ann. Zootech., 21, 443-449.
- DULPHY J.-P., 1972. Influence du mode de conservation des fourrages de graminées sur la vitesse de leur digestion dans le rumen. Ann. Zootech., 21, 525-534.
- DULPHY J.-P., DEMARQUILLY C., 1973. Influence de la machine de récolte et de la finesse de hachage sur la valeur alimentaire des ensilages. Ann. Zootech., 22, 199-217.
- DULPHY J.-P., DEMARQUILLY C., 1974. Etude du comportement alimentaire et mérycique des moutons recevant des fourrages verts hachés. Ann. Zootech., 23, 193-212.
- DULPHY J.-P., BECHET G., THOMSON E., 1975. Influence de la structure physique et de la qualité de conservation des ensilages de graminées sur leur ingestibilité. Ann. Zootech., 24, 81-94.
- DULPHY J.-P., 1975. Etude de la vitesse de rassasiement des moutons recevant des ensilages. Ann. Zootech. (sous presse).
- DULPHY J.-P., DEMARQUILLY C., HENRY Martine, 1975. Perte des composés volatils lors de la détermination à l'étuve de la teneur en matière sèche des ensilages. Ann. Zootech. (sous presse).
- DULPHY J.-P., MICHALET Brigitte, 1975. Influence comparée de la machine de récolte sur les quantités d'ensilage ingérées par des génisses et des moutons. Ann. Zootech. (sous presse).
- DULPHY J.-P., DEMARQUILLY C., 1976. Influence de la machine de récolte sur la valeur des ensilages de graminées pour des génisses de race laitière (sous presse).
- DUSSARDIER M., 1960. Recherches sur le contrôle bulbaire de la motricité gastrique chez les ruminants. Thèse Doct. Sc., Paris.
- EHRLEIN H.J., 1969. Einflub von fett und langkettigen fettsäuren auf die motorik des wiederkäuermagens. Zeitsch. Tierph. Tierern. Futterm., 25, 115-116.
- ENGELHARDT W., 1969. Der osmotische Druck im Panseninhalt. Zbl. Vet. Med. 16, 665-690.

- EVANS E.W., PEARCE G.R., BURNETT J., PILLINGER S.L., 1973. Changes in some physical characteristics of the digesta in the reticulo-rumen of cows fed once daily. *Brit. J. Nutr.*, 29, 357-376.
- FLORENTIN P., 1952. Mise au point sur la situation et les voies de communication intérieures des réservoirs gastriques, chez les ruminants domestiques. *Rev. Med. Vet.* 103, 530-542.
- FORBES J.M., WRIGHT J.A., BANNISTER A., 1972. A note on rate of eating in sheep. *Anim. Prod.*, 15, 211-214.
- FREER M., CAMPLING R.C., BALCH C.C., 1962. Factors affecting the voluntary intake of food by cows. 4.- The behaviour and reticular motility of cows receiving diets of hay, oat straw with urea. *Brit. of Nutr.*, 16, 279-295.
- FREER M., CAMPLING R.C., 1963. Factors affecting the voluntary intake of food by cows. 5.- The relationship between the voluntary intake of food, the amount digesta in the reticulo-rumen and the rate of disappearance of digesta from the alimentary tract with diets of hay, dried grass or concentrates. *Brit. J. Nutr.* 17, 79-88.
- FREER M., CAMPLING R.C., 1965. Factors affecting the voluntary intake of food by cows. 7.- The behaviour and reticular motility of cows given diets of hay dried grass, concentrates and ground, pelleted hay. *Brit. J. Nutr.*, 19, 195-207.
- GEOFFROY F., 1974. Etude comparée du comportement alimentaire et mérycique de deux petits ruminants : la chèvre et le mouton. *Ann. Zootech.*, 23, 63-73.
- GILL J., CAMPLING R.C., WEST GARTH D.R., 1966. A study of chewing during eating in the cow. *Brit. J. Nutr.* 20, 13-23.
- GLAVCHEVA L., MANCHANDA S.K., BOX B., STEVENSON J.A.F., 1972. Gastric motor activity during feeding induced by stimulation of the lateral hypothalamus in the rat. *Can. J. Physiol. Pharmacol.*, 50, 1091-1098.
- GOATCHER W.D., CHURCH D.C., 1970. Taste responses in ruminants. 1.- Reactions of sheep to sugars, saccharin, ethanol and salts. *J. Anim. Sc.*, 30, 777-783.
- GOATCHER W.D., CHURCH D.C., 1970. Taste responses in ruminants. II.- Reactions of sheep to acids, quinine, urea and sodium hydroxyde. *J. Anim. Sc.* 30, 784-790.
- GORDON J.G., 1958. The act of rumination. *J. Agric. Sc.* 50, 34-42.

- GORDON C.H., DERBYSHIRE J.C., WISEMAN H.G., KANE E.A., MELIN C.G., 1961. Preservation and feeding value of alfalfa stored as hay, haylage and direct cut silage. *J. Dairy Sci.*, 44, 1299-1311.
- GORDON C.H., DERBYSHIRE J.C., WISEMAN H.G., JACKSON W.C., 1964. Variations in initial composition of orchard grass as related to silage composition and feeding value. *J. Dairy Sci.*, 47, 987-993.
- GORDON J.G., 1965. The relationship between rumination and the amount of roughages eaten by sheep. *J. Agric. Sci.*, 64, 151-155.
- GORDON J.G., 1968. Rumination and its significance. *Wld Rev. Nutr. Diet.* 9, 251-273.
- GREENHALGH J.F.D., 1971. Feed palatability as a factor affecting intake in ruminants. *Rev. Cubana Cienc. Agric.*, 5, 155-160.
- GREENALGH J.F.D., REID G.W., 1973. The effect of pelleting various diets on intake and digestibility in sheep and cattle. *Anim. Prod.* 16, 223-233.
- GRENET Elizabeth, 1966. Les particules végétales des fécès de mouton. *Ann. Zootech.*, 15, 303-312.
- GRENET Elizabeth, 1970. Taille et structure des particules végétales au niveau du feuillet et des fécès chez les bovins. *Ann. Biol. Anim. Bioch. Bioph.*, 10, 643-657.
- GROSSMAN M.I., 1955. Integration of current views on the regulation of hunger and appetite. *Annls. N.Y. Acad. Sci.*, 63, 76-89.
- HARRIS C.E., RAYMOND W.F., 1963. The effect of ensiling on crop digestibility. *J. Brit. Grassld Soc.*, 18, 204-212.
- HEANEY D.P., 1970. Voluntary intake as a component of an index to forage quality in Proceeding of the National conference on forage quality evaluation and utilization Nebraska E_1-E_2
- HELFRE J.A., 1965. La motricité reticulaire, données physiologiques et pharmacodynamiques. Thèse de doctorat Vétérinaire. LYON.
- HEMSLEY J.A., MOIR R.J., 1963. The influence of higher volatile fatty acids on the intake of urea supplemented low quality cereal hay by sheep. *Austr. J. Agric. Res.*, 14, 509-517.

- HIDIROGLOU M., TESSIER J.L., DERMINE P., 1965. The digestibility and palatability of high-moisture legume silages with different chemical additives. J. Brit. Grassld Soc., 20, 59-63.
- HOLDER J.M., 1963. Chemostatic regulation of appetite in sheep. Nature 200, 1074-1075.
- HOLMES E.G., FRASER F.J., 1965. An attempt to produce hyperphagia in sheep by electrical damage to the hypothalamus. Austr. J. Biol. Sci., 18, 345-352.
- HOUP T.R., 1974. Stimulation of food intake in ruminants by 2 deoxy-D-glucose and insulin. Amer. J. Phys., 227, 161-167.
- HUNGATE R.E., 1966. The rumen and its microbes. Academic press. New York and London.
- HUTCHINSON K.J., WILKINS R.J., 1971. The voluntary intake of silage by sheep. II.- The effects of acetate on silage intake. J. Agric. Sci., 77, 539-543.
- INGALLS J.R., THOMAS J.W., TESAR M.B., CARPENTIER D.L., 1966. Relations between ad lib. intake of several forage species and gut fill. J. Anim. Sci., 25, 283-289.
- JACKSON N., FORBES T.J., 1970. The voluntary intake by cattle of four silages differing in dry matter content. Anim. Prod. 12, 591-599.
- JACOBSON D.R., CARR S.B., SUTARDI T., 1966. Appetite regulation in the ruminant. Proc. 7th Inter Cong. Nutr. Hamburg., 2, 63-67.
- JARRIGE R., 1953. L'utilisation des glucides alimentaires par les ruminants. Ann. Nutr. Alim. 7, 245-302.
- JARRIGE R., DEMARQUILLY C., DULPHY J.P., 1973. The voluntary intake of forages, Fed. Europ. des Herbages, Uppsala.
- JARRIGE R., DEMARQUILLY C., JOURNET M., BERANGER C., 1973. The nutritive value of processed dehydrated forage with special reference to the influence of physical form and particle size. 1st Intern. Green Crop. drying congr., Oxford.
- JONES G.M., 1972. Chemical factors and its relation to feed intake regulation in ruminants : a review. Can. J. Anim. Sci., 52, 207-239.

- KENNEDY G.C., 1953. The role of depot fat in the hypothalamic control of food intake in the rat. *Proc. Roy. Soc. Lond., B* 140, 578-592.
- KERBAA A., 1969. Etude de quelques facteurs de variation du comportement alimentaire et mérycique des ruminants. Thèse de Doctorat, Clermont-Ferrand.
- KRUEGER W.C., LAYCOCK W.A., PRICE D.A., 1974. Relationships of taste, smell, sight and touch to forage selection. *J. of Range Manag.*, 27, 258-262.
- LARSSON S., 1954. On the hypothalamic organization of the nervous mechanism regulating food intake. *Acta Physiol. Scand.* 32, Suppl. 115, 1-63.
- LAWLOR M.J., O'SHEA J., 1967. A comparison of rumen characteristics of hay versus silage fed animals. *Irish J. Agric. Res.* 6, 119-121.
- LE BARS H., LEBRUMENT I., NITESCU R., SIMONNET H., 1954. Recherches sur la motricité du rumen chez les petits ruminants. *Bull. Acad. Vet. France*, 27, 53-67.
- LE BARS H., 1960. Bases physiologiques du comportement alimentaire chez les ruminants. *Rev. Ciencias. Vet.*, 55, 31-47.
- LE BARS H., GALLOUIN F., 1972. Bases physiologiques du comportement alimentaire. 2ème Congrès Mondial d'Alimentation Animale, Madrid, 671-701.
- LEEK B.F., 1969. Reticulo-ruminal mechano-receptors in sheep. *J. Physiol.* 202, 585-609.
- LE MAGNEN J., 1956. Le rôle des stimulations olfacto-gustatives dans les mécanismes de la régulation de la prise alimentaire. *Ann. Nutr. Alim.*, 10, 153-188.
- LE MAGNEN J., 1974. La régulation comportementale du bilan nutritionnel : mécanisme de la prise alimentaire. Communication personnelle.
- LOFGREN P.A., 1972. Evaluation of several factors related to short-term voluntary feed intake in ruminants. *Diss. Abstr. Intern. B.*, 32, 72-76.
- LUCCI C.S., SARTINI J.H., SILVA A.A., VILELA E., CARDOZO J.A.F., 1969. Observações preliminares sobre o comportamento apresentado per bovinos confinados da raça gir, alimentados com silagem ou fano. *Bol. Ind. Anim.* 26, 181-188.
- Mc DONALD P., Mc PHERSON H.T., WATT J.A., 1963. The effect of histamine on silage dry matter intake. *J. Brit. Grassld.* 18, 230-232.
- Mc DONALD P., 1973. The ensilage process in Chemistry and Biochemistry of herbage. 3, 33-60. Ed. Butler_Bailey. Academic press. London and New York.

- Mc LEOD D.S., 1969. Silage acidity and ruminant intake. Thesis, University of Reading.
- Mc LEOD D.S., WILKINS R.J., RAYMOND W.F., 1970. The voluntary intake by sheep and cattle of silages differing in free acid content. *J. Agric. Sc.* 75, 311-319.
- MARTIN F.H., BAILE C.A., 1972. Feed intake of goats and sheep following acetate or propionate injections into rumen, ruminal pouches, and abomasum, as affected by local anesthetics. *J. Dairy Sc.* 55, 606-613.
- MARTIN F.H., SEOANE J.R., BAILE C.A., 1973. Feeding in satiated sheep elicited by intraventricular injections of CSF from fasted sheep. *Life Science* 13, 177-184.
- MATRAT B., 1967. Contribution à l'étude physiologique de l'omasum et du sphincter reticulo omasal chez le mouton. Thèse Doct. Vet. Lyon.
- MAYER J., 1955. Regulation of energy intake and the body weight : the glucostatic theory and the lipostatic hypothesis. *Ann. NY Acad. Sci.*, 63, 15-42.
- MINSON D.J., 1966. The apparent retention of food intake in the reticulo rumen *Brit. J. Nutr.*, 20, 767-768.
- MIZWICKI K.L., OWENS F.N., 1974. Ruminal ammonia concentration and microbial activity. *J. Anim. Sc.* 39, 1000.
- MONTGOMERY M.J., SCHULTZ L.H., BAUMGARDT B.R., 1963. Effect of intraruminal infusion of volatile fatty acids and lactic acid on voluntary hay intake. *J. Dairy Sci.*, 46, 1380-1384.
- MONTGOMERY M.J., BAUMGARDT B.R., 1965. Regulation of food intake in ruminants. 2.- Relations varying in energy concentration and physical form. *J. Dairy sci.* 48, 1623-1628.
- MOORE L.A., THOMAS J.W., SYKES J.F., 1960. The acceptability of grass / legume silage by dairy cattle. *Proc. 8th Inter Grassld Congr.*, Reading, 701-704.
- MORGAN M.E., PEREIRA R.L., 1962. Volatile constituents of grass and corn silage. I. Steam distillates. *J. Dairy Sci.*, 45, 457-466.
- MORGAN M.E., PEREIRA R.L., 1962. Volatile constituents of grass and corn silage II. Gas entrained aroma. *J. Dairy Sci.*, 45, 467-471.
- MORGANE P.J., JACOBS H.L., 1969. Hunger and satiety. *World Rev. Nutr. Diet.* 10, 100-213.

- MURRAY M.G., REID R.S., SUTHERLAND T.M., 1962. The rate of passage of digesta from the reticulo-rumen of the sheep. *J. of Phys.*, 164, 26-27 P.
- NEUMARK H., BONDI A., VOLCANI R., 1964. Amines, aldehydes and keto-acides in silages and their effect on food intake by ruminants. *J. Sc. Fd. Agric.*, 15, 487-492.
- NEUMARK H., TADMOR A., 1968. The effect of histamine combined with formic or acetic acid on food intake and rumen motility, when infused into the omasum of a ram. *J. Agric. Sci.*, 71, 267-270.
- OHGA A., OTA Y., NAKAZATO Y., 1965. The movement of the stomach of sheep with special reference to the omasal movement. *Jap. J. Vet. Sci.*, 27, 151-160.
- OKAMOTO M., WALDO D.R., MILLER R.W., MOORE L.A., 1964. Histamine levels in forages and dry matter intake of heifers. *J. Dairy Sci.*, 47, 1231-1236.
- OLTJEN R.R., PUTNAM P.A., WILLIAMS E.E., 1969. Influence of ruminal ammonia on the salivary flow of cattle. *J. Anim. Sci.*, 29, 830-838.
- ORTH A., KAUFMAN W., 1966. Zur Wirkung von Bicarbonat auf die Futteraufnahme bei milchkühen. *Zeitsch Tierphys. Tierern. Futterm.* 21, 350-361.
- OSBOURN D.F., CAMMELL S.B., TERRY R.A., 1971. The effect of chemical composition and physical characteristics of forages on their voluntary intake by sheep. *Annual Report GRI, Hurley*, 57-59.
- OSOL A., FARRAR G.E., 1955. *The dispensatory of the U.S.A.. J.B. Lippincott. Co. Philadelphia . Pensylvannia. p. 1780.*
- PAGER J., 1974. A selective modulation of the olfactory bulb electrical activity in relation to the learning of palatability in hungry and satiated rats. *Phys. and Behav.*, 12, 189-195.
- PEARCE G.R., 1965. Rumination in sheep. II.- The circadian pattern of rumination. *Austr. J. Agric. Res.*, 16, 635-648.
- PEARCE G.R., 1965. Rumination in sheep . IV.- The investigation of some possible control mechanisms. *Austr. J. Agric. Res.*, 16, 837-853.
- PERETIANU J., 1968. La régulation nerveuse de l'ingestion des aliments. *Ann. Nutr. Alim.*, 22, 1-41.
- PHARR L.D., COLVIN H.W., NOLAND P.R., 1967. Rumen motility of sheep as affected by the physical form of oat hay. *J. Anim. Sci.*, 26, 414-417.

- PHILLIPSON A.T., ASH R.W., 1965. Physiological mechanisms affecting the flow of digesta in ruminants. 2nd Intern. Symp. on the physiology of digestion in the ruminant. 97-107. Ed. Daugherty R.W..
- PITON J., 1975. Intérêt et importance de la mobilisation des réserves corporelles des vaches laitières au début de la lactation. Thèse de Doctorat, Montpellier.
- POINDRON P., 1974. Méthode de suppression réversible de l'odorat chez les brebis et vérification de l'anosmie au moyen d'une épreuve comportementale. Ann. Biol. Anim. Bioch. Biophys. 14, 411-415.
- POPESKO P., 1972. Atlas d'anatomie topographique des animaux domestiques. Ed. Vander II. p. 18 et 104.
- PUECH R., TISSERAND J.L., ZELTER S.Z., 1968. Influence de la qualité de l'ensilage sur l'évolution de la cétonémie post-prandiale chez le mouton. Ann. Biol. Anim. Bioch. Biophys., 8, 69-79.
- RAYMOND W.F., 1969. The nutritive value of forage crops, in "Advances in Agronomy"; Brady N.C., Editor - Academic Press. 21, 1-108.
- REMESY C., 1973. Contribution à l'étude de la production et du métabolisme des A.G.V. chez le rat. Thèse de Doctorat, Clermont-Ferrand.
- RÖHR K., 1969. Einflub der futterstruktur und dichte auf den speichelflub. Zeitsch. Tiererph. Tierern. Futterm. 25, 116-117.
- ROGERS Q.R., LEUNG P.M.B., 1973. The influence of amino acid on the neuroregulation of food intake. Fed. Proc. 32, 1709-1719.
- ROOK J.A.F., BALCH C.C., CAMPLING R.C., 1960. The effects of intraruminal infusions of acetic, propionic and butyric acids on nitrogen retention in growing heifers. 129^o meeting of the nutrition society, London. in Proc. Nutr. Soc. 19, i.
- ROOK J.A.F., THOMAS P.C., 1969. The significance of rumen activity. Proc. 3rd Nutr. Conf. for feed manufacturers, Nottingham. 2-22.
- ROUSSEAU J.P., 1970. Contribution à l'étude de la rumination et de l'éruclation chez le mouton. Thèse de Doctorat. Aix - Marseille.
- ROUSSET J.P., PAGER J., 1974. Correlative effects of an aversive olfactory learning on food intake and olfactory bulb electrophysiology. 1st. Cong. Europ. Chemoreception res. org.

- RIGAUD J., JOURNET M., 1970. Méthode de dosage des acides gras volatils dans le liquide du rumen. *Ann. Biol. Anim. Bioch. Biophys.* 10, 151-157.
- RUCKEBUSCH Y., 1962. Aspects EEG et manifestations somato-végétatives du sommeil, chez les ruminants. *Rev. Med. Vet.* 123, 258-261.
- RUCKEBUSCH Y., 1963. Recherches sur la régulation centrale du comportement alimentaire chez les ruminants. Thèse de Doct. Vet., Lyon.
- RUCKEBUSCH Y., 1967. Etude polygraphique des variations spontanées et provoquées du comportement alimentaire chez les petits ruminants. *Arch. Sci. Physiol.* 21, 449-473.
- RUCKEBUSCH Y., LAPLACE J.P., 1967. Sur le déterminisme de la rumination. *Bull. Soc. Sci., Med. Comp., Lyon* 69, 185-195.
- RUCKEBUSCH Y., FORGEAS J., DUMAS J.P., 1970. Recherches sur le comportement alimentaire des ruminants. IX. La mastication mérycique. *Rev. Med. Vet.*, 121, 345-357.
- RUCKEBUSCH Y., BUENO L., 1972. Analyse quantitative des relations activité alimentaire- état de vigilance chez les bovins en stabulation. *Ann. Rech. Vet.* 3, 399-420.
- RUCKEBUSCH Y., 1973. L'électromyographie globale des muscles lisses à partir d'électrodes chroniques intrapariétales souples. *Rev. Med. Vet.*, 124, 1407-1434.
- SELLERS A.F., STEVENS C.F., 1966. Motor functions of the ruminant forestomach. *Phys. Rev.*, 46, 634-661.
- SEOANE J.R., BAILE C.A., MARTIN F.H., 1972. Humoral factors modifying feeding behavior of sheep. *Phys. and Behav.* 8, 993-995.
- SHARMA K.N., ANAND B.K., SINGH B., DUA S., 1961. Role of stomach in regulation of activities of hypothalamic feeding centers. *Amer. J. Phys.* 201, 593-598.
- SIGNORET J.P., 1972. Contribution à l'étude des mécanismes éthologiques et endocriniens du comportement sexuel de la truie. Thèse de Doctorat d'Etat. p. 6-7.
- SIMKINS K.L., SUTTIE J.W., BAUMGARDT B.R., 1965. Regulation of food intake in ruminants. 4. Effect of acetate, propionate, butyrate and glucose on voluntary food intake in dairy cattle. *J. Dairy Sci.*, 48, 1635-1642.

- SISSON S., GROSSMAN J.D., 1953. The anatomy of domestic animals 447-484 . 4th Ed. Saunders.
- SMITH E.G., WEEKS R.W., JARRARD J.W., 1969. Radiotelemetry studies of reticular pressures in free-feeding cattle. Proc. 3rd Intern. Symp. 66-75.
- SOLDATENKOV P.F., GORSKOV G.I., 1971. Exchange of sugar and short-chain fatty acids between the blood and the digestive system of different stages of the rumination process. Nutr. Abstr. Rev. 41, 864.
- STEVENS C.E., SELLERS A.F., 1968. Rumination, in Handbook of Phys. 5, 2699-2704. Ed. Code C.F., Meidel W.
- STOBBS T.H., 1973. The effect of plant structure on the intake of tropical pastures. 1.- Variation in the bite size of grazing cattle. Austr. J. Agric. Res. 24, 809-819.
- SVENDSEN P., 1973. The effect of volatile fatty acids and lactic acid on rumen motility in sheep. Nord. Vet. Med. 25, 226-231.
- TERNOUTH J.H., BEATTIE A.W., 1971. Studies of the food intake of sheep at a single meal. Brit. J. Nutr., 25, 153-164.
- THOMAS J.W., MOORE L.A., OKAMOTO M., SYKES J.F., 1961. A study of factors affecting rate of intake of heifers fed silage. J. Dairy Sci., 44, 1471-1483.
- THOMSON E.F., 1972. Recherches de quelques facteurs de variation des quantités ingérées d'ensilage. Rapport de stage, CRZV Theix.
- THORNTON R.F., MINSON D.J., 1972. The relationship between voluntary intake and mean apparent retention time in the rumen. Austr. J. Agric. Res. 23, 871-877.
- THYE F.W., WARNER R.G., MILLER P.D., 1970. Relationship of various blood metabolites to voluntary feed intake in lactating ewes. J. Nutr. 100, 565-572.
- TROELSEN J.E., BIGSBY F.W., 1964. Artificial mastication. A new approach for predicting voluntary forage consumption by ruminants. J. Anim. Sci., 23, 1139-1142.
- TROELSEN J.E., CAMPBELL J.B., 1968. Voluntary consumption of forage by sheep and its relation to the size and shape of particles in the digestive tract.. Anim. Prod., 10, 289-296.
- ULYATT M.J., 1965. The effects of intraruminal infusions of volatile fatty acids on food intake of sheep. N.Z. J. Agric. Res. 8, 397-408.

- ULYATT M.J., BLAXTER K.L., Mc DONALD I., 1967. The relations between the apparent digestibility of roughages in the rumen and lower gut of sheep, the volume of fluid in the rumen and voluntary feed intake. *Anim. Prod.* 9, 463-470.
- VAN SOEST P.J., 1965. Symposium on factors influencing the voluntary intake of herbage by ruminants, voluntary intake in relation to chemical composition and digestibility. *J. Anim. Sci.* 24, 834-843.
- VOISIN A., 1955. Behaviour and satiety of cattle on pasture and in the stall. *Nutr. Abstr. Rev.*, 25, 1097.
- VOSKUIL G.C.J., METZ J.H.M., 1973. The effect of chopped hay on feed intake, rate of eating and rumination of dairy cows. *Neth. J. Agric. Res.* 21, 256-262.
- WALDO D.R., MILLER R.W., OKAMOTO M., MOORE L.A., 1965. Ruminant utilization of silage in relation to hay, pellets, and hay plus grain. II. Rumen content, dry matter passage, and water intake. *J. Dairy Sci.*, 48, 1473-1480.
- WALDO D.R., MILLER R.W., SMITH L.W., OKAMOTO M., MOORE L.A., 1966. The effect of direct cut silage, compared to hay, on intake, digestibility, nitrogen utilization, heifer growth and rumen retention. *Proc. Intern. Grassld. Congr.* 570-574.
- WARNER R.G., 1974. Feed intake control mechanisms in ruminants. *Feedstuffs* 46, 30-36.
- WELCH J.G., SMITH A.M., 1969. Effect of varying amounts of forage intake on rumination. *J. Anim. Sci.* 28, 827-830.
- WELCH J.G., SMITH A.M., 1970. Forage quality and rumination time in cattle. *J. Dairy Sci.*, 53, 797-800.
- WELCH J.G., SMITH A.M., 1971. Physical stimulation of rumination activity. *J. Anim. Sci.*, 33, 1118-1123.
- WELCH J.G., CLARK D.B., RUTLEDGE J.J., 1975. Body size and rumination in cattle, sheep and goats. *J. Anim. Sci.*, 41, 432.
- WESTON R.H., 1966. Factors limiting the intake of feed by sheep. I.- The significance of palatability, the capacity of the alimentary tract to handle digesta, and the supply of glucogenic substrate. *Austr. J. Agric. Res.* 17, 939-954.

- WESTON R.H., HOGAN J.P., 1967. The digestion of chopped and ground roughages by sheep. 1.- The movement of digesta through the stomach. Aust. J. Agric. Res. 18, 789-801.
- WIESER M.F., 1972. Untersuchungen an ausgewachsenen schafen über das wiederkauverhalten, die Bildung flüchtiger Fettsäuren im Pansen und die energieverwertung bei Verfütterung von rationen unterschiedlicher struktur. Thèse de Doctorat, Zurich.
- WILKINS R.J., HUTCHINSON K.J., WILSON R.F., HARRIS C.E., 1971. The voluntary intake of silage by sheep. 1.- Interrelationships between silage composition and intake. J. Agric. Sci., 77, 531-537.
- WILSON R.K., FLYNN A.V., 1974. Observations on the eating behaviour of individually fed beef cattle offered grass silage ad libitum. Irish. J. Agric. Res. 13, 347-349.
- WYLAM .B., 1953. Analytical studies on the carbohydrates of grasses and clovers III.- Carbo hydrate breakdown during wilting and ensilage. J. Sci. Fd. Agric. 4, 527-531.
- WYRWICKA W., 1969. Sensory Regulation of food intake. Physiol. Behav. 4, 853-858.
- ZELTER S.Z., GOUET Ph., TISSERAND J.L., DURAND Michèle, FATIANOFF Nathalie , BOUSSET J., PUECH R., 1967. Techniques de conservation de la luzerne et leurs incidences sur son efficacité nutritive. Acta Universitat~~is~~ Agriculturae 231.

NOM DE L'ETUDIANT : DOREAU née MICHALET Brigitte

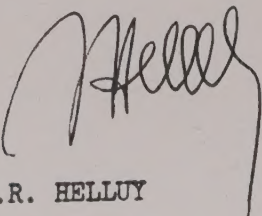
NATURE DE LA THESE : THESE DE DOCTEUR INGENIEUR

VU, APPROUVE

& PERMIS D'IMPRIMER

NANCY, le 5 novembre 1975

LE PRESIDENT DE L'UNIVERSITE DE NANCY I



J.R. HELLUY

